



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

DISSENY I IMPLEMENTACIÓ D'UN SISTEMA DE MESURA PER L'ESTUDI D'ACCELERACIONS EN HOQUEI



Memòria i Annexos

Autor:	Nil Font Viñas
Director:	Raul Benitez Iglesias
Convocatòria:	Juny 2018



Resum

La tecnologia cada cop té més pes en l'entrenament esportiu d'alt rendiment, ja sigui pels entrenadors poder controlar diferents paràmetres dels seus jugadors, o ja sigui crea'n i dissenya'n noves màquines per millorar les qualitats dels esportistes i el més important que és per millorar la seguretat en molts esports.

L'hoquei és un esport d'equip, on els jugadors porten uns patins i l'objectiu és fer gol a dins les porteries xuta'n la pilota amb un estic. Actualment la tecnologia va lligada a l'esport, però no a tots, a l'hoquei al ser un esport minoritari per la premsa, no. En aquest projecte es vol dissenyar i implementar un sistema de mesura per l'estudi d'acceleracions a través d'un acceleròmetre col·locat en l'estic dels jugadors. Un acceleròmetre és un dispositiu que permet mesura acceleracions. Aquest acceleròmetre amb Bluetooth enviarà les dades a un ordinador. A través de les dades mesurades per l'acceleròmetre es realitzarà un estudi de les acceleracions, per comprovar si la implementació d'aquest sistema de mesura troba diferències entre un jugador que està atacant i un altre que està defensant, tant en nivell d'hoquei professional com en hoquei d'aficionats, i també tant en masculí com en femení.

Resumen

La tecnología cada vez tiene más peso en los deportes de alto rendimiento ya sea por los entrenadores para poder controlar diferentes parámetros de sus jugadores, o para crear y diseños nuevas máquinas para mejorar la calidad de los atletas y lo más importante que es para mejorar en seguridad en muchos deportes.

El hockey es un deporte de equipo, donde los jugadores llevan unos patines y el objetivo es meter gol a dentro las porterías golpeando la pelota con un estic. Actualmente la tecnología está ligada al deporte, pero no en todos, en el hockey al ser un deporte minoritario por la prensa, no. En este proyecto quiero diseñar e implementar un sistema para la medición de la aceleración mediante un acelerómetro colocado en el estic de los jugadores. Un acelerómetro es un dispositivo que permite medir la aceleración. Este acelerómetro con Bluetooth le enviará los datos a un ordenador. Una vez se tengan las medidas de las aceleraciones se hará un estudio para comprobar si la aplicación de este sistema de medición de la aceleración encuentra diferencias entre un jugador que ataca y otro que esta defensa, tanto a nivel de hockey profesional como en hockey amateur i tanto en masculino como en femenino.

Abstract

Technology has a lot weight in the high-performance sports training, whether for the coach to be able to control different parameters of their players, or whether to create and design new machines to improve the quality of the athletes and, the most important, to improve the security in many sports.

Hockey is a team play where players have roller skates and the goal is to score goals by hitting the ball with the stick. Currently the technology is tied to the sports but not in hockey, which is a minority sport for the press. In this project I want to design and implement a system for the measurement of acceleration through an accelerometer placed on the stick of the players. An accelerometer is a device that allows you to measure acceleration. This accelerometer with Bluetooth sends the data to a computer. When we have the results, we do a study for check if the implementation of this system of measurement of acceleration differs between a player who is attacking and other who is defending. We want to check this in different types of players. We will implement these systems in professional and amateur players, of those are going to be both men and woman.

Agraïments

Al llarg d'aquest projecte he necessitat l'ajut de diverses personalitats degut a que en certs punts del treball escassejava de coneixement, cosa que és normal quan t'enfrontes a un projecte al qual bona part dels continguts que toques inicialment et són desconeguts. És per això que m'agradaria agrair primer de tot la col·laboració del director del projecte, el Raul Benitez, que ha sigut la persona que m'ha ajudat a guiar en l'obtenció del fil conductor d'aquest treball.

Tampoc m'oblido de tots els professors que al llarg de la meva etapa d'educació i formació han compartit el seu coneixement i temps perquè nosaltres, els alumnes, sortim ben formats.

Vull agrair a tots els jugadors, jugadores i entrenadors d'hoquei que han col·laborat i que m'han deixat implementar aquest sistema en els seus estics i entrenaments. També donar les gràcies en aquests jugadors pel seu temps i pel seu bon tracte i interès pel meu treball.

Finalment donar les gràcies a la família, amics i companys de classe pel seu suport durant tots aquests anys. També donar les gràcies en especial amb en Magí pel seu temps i els seus coneixements que m'han servit de molt en aquest treball.

Glossari

FIRS→ Federació internacional de Roller Sports

Índex

RESUM	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
AGRAÏMENTS	5
GLOSSARI	6
1. PREFACI	13
1.1. Origen i motivació del treball.....	13
1.2. Requeriments previs	14
1.2.1. L'Hoquei	14
1.2.2. Acceleròmetres.....	14
2. INTRODUCCIÓ	17
2.1. Objectius i abast del treball	17
3. COMPONENTS UTILITZATS	18
3.1. Acceleròmetre utilitzat	18
3.2. Software utilitzat	20
3.3. Carregador de bateria	24
3.4. Posada en funcionament	25
3.4.1. Calibrar el dispositiu	25
3.4.2. Validació de l'acceleròmetre	26
4. DISSENY D'UN SISTEMA DE MESURA D'ACCELERACIONS	29
4.1. Estudi de posicionament de l'acceleròmetre	29
4.2. Disseny	44
4.3. Implementació usada al llarg del treball	53
5. XUTS A PORTERIA	54
5.1. Anàlisi exploratori de xuts en diferents condicions	54
5.1.1. Xut professional masculí.....	54
5.1.2. Xut amateur masculí.....	56
5.1.3. Xut professional femení	57
5.1.4. Anàlisi dels Resultats	58
5.1.5. Estudi de patrons en el xut.....	62

6. ACCIONS DE JOC	70
6.1. Acció atacant.....	71
6.1.1. Atac professional masculí	71
6.1.2. Atac masculí amateur	72
6.1.3. Atac professional femení	74
6.1.4. Anàlisi de les accions atacants	75
6.2. Acció defensiva	77
6.2.1. Defensa professional masculí	77
6.2.2. Defensa masculí amateur	78
6.2.3. Defensa professional femení	80
6.2.4. Anàlisi de les accions defensives	81
6.3. Anàlisis dels resultats en les diferents accions de joc.....	83
6.3.1. Anàlisi de les accions de joc diferenciant eixos	83
6.3.2. Comparacions d'accions en diferents condicions	96
6.3.3. Anàlisi global de les accions de joc.	103
7. ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL	106
CONCLUSIONS	108
PRESSUPOST I/O ANÀLISI ECONÒMICA	111
BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA	115
ANNEX A – MANUAL D'ÚS DE L'ACCELERÒMETRE	117
ANNEX B – CÀLCULS	132
ANNEX C – CODI MATLAB	138

Índex de Figures

Figura 3.A Imatge demostració Software utilitzat	20
Figura 3.B Gràfica de l'acceleració amb unitat en gravetat (g) en funció del temps en segons	21
Figura 3.C Gràfica de l'Angle de moviment en graus en funció del temps en segons	21
Figura 3.D Gràfica de l'angle de moviment de l'acceleròmetre en graus en funció del temps en segons	22
Figura 3.E Taula resum dels valors a temps real que l'acceleròmetre mesura	22
Figura 3.F Full resum de les dades mesurades al calibratge	25
Figura 3.G En aquestes imatges es pot observar l'estudi del pèndol	26
Figura 3.H En aquestes imatges es pot observar els punts analitzats de l'estudi del pèndol	27
Figura 3.I Gràfica experiment pèndol. Es pot observar els dos punts a estudiar	27
Figura 4.A En aquesta fotografia podem observar les 4 posicions del acceleròmetre que estudiarem	30
Figura 4.C Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons en la posició 1	30
Figura 4.B Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons en la posició 2	31
Figura 4.D Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons en la posició 3	31
Figura 4.E Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons en la posició 4	32
Figura 4.F Gràfic acceleració m/s^2 xut posició 1	34
Figura 4.G Gràfic acceleració m/s^2 xut posició 2	36
Figura 4.H Gràfic acceleració m/s^2 xut posició 3	38
Figura 4.I Gràfic acceleració m/s^2 xut posició 4	40
Figura 4.J Fotografia de l'estic amb la seva empunyadura	47
Figura 4.K En aquestes fotografies es pot aprecia la reducció de gruix de 41x41x4 per introduir l'acceleròmetre	47
Figura 4.L Vista isomètrica de l'estic amb la seva empunyadura i amb l'acceleròmetre col·locat a la posició 3	48
Figura 4.M Fotografia d'una vista detallada de l'acceleròmetre	48
Figura 4.N Fotografia d'una vista detallada de la banda de licra elàstica que subjecta l'acceleròmetre	49
Figura 4.O En aquesta fotografia es poden observar les mides de l'estic	50
Figura 4.P Fotografia on es pot veure que el pes de l'estic està per sota dels 500 grams màxims	51
Figura 4.Q Implementació usada al llarg del treball	53
Figura 4.R Eixos usats al llarg del TFG	53
Figura 5.A Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps (segons) d'un jugador professional	55
Figura 5.B Gràfic de la velocitat angular en $^\circ$ /en funció del temps en segons d'un jugador professional	55
Figura 5.C Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons d'un jugador amateur	56

Figura 5.D Gràfic de la velocitat angular en $^{\circ}/s$ en funció del temps en segons d'un jugador amateur	56
Figura 5.E Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons d'una jugadora professional	57
Figura 5.F Gràfic de la velocitat angular en $^{\circ}/s$ en funció del temps en segons d'un jugador amateur	57
Figura 5.G Eixos utilitzats per desenvolupar el treball	58
Figura 5.H Comparació en eix Y dels diferents esportistes	58
Figura 5.I Imatge dels tres gràfics d'anàlisi d'un professional masculí	62
Figura 5.J Imatge dels tres gràfics d'anàlisi d'un amateur masculí	63
Figura 5.K Imatge dels tres gràfics d'anàlisi d'una professional	63
Figura 5.L Gràfic de l'anàlisi 1 d'un professional masculí	64
Figura 5.M En aquesta imatge podem observar l'estic en el punt 1 del gràfic	64
Figura 5.N Imatge comparativa entre un anàlisi d'un professional i un amateur masculí	65
Figura 5.O Imatge d'una jugadora amb l'estic a la posició 2	65
Figura 5.P Imatge de l'estic en el punt 2 dels gràfics	65
Figura 5.Q Comparació de l'anàlisi 1 entre un professional i un amateur masculí	66
Figura 5.R Imatge de l'estic en la posició 3	66
Figura 5.S Imatge on es pot veure com l'acceleròmetre s'inclina respecte l'eix Z	67
Figura 5.T Gràfic acceleracions d'un professional masculí	68
Figura 5.U Gràfic acceleracions d'un amateur masculí	69
Figura 6.A Jugada dissenyada	70
Figura 6.B Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps (segons) d'un atac d'un jugador professional	71
Figura 6.C Gràfic de la velocitat angular $^{\circ}/s$ en funció del temps (segons) d'un atac d'un jugador professional	72
Figura 6.D Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps (segons) d'un atac d'un jugador amateur	73
Figura 6.E Gràfic de la velocitat angular $^{\circ}/s$ en funció del temps (segons) d'un atac d'un jugador amateur.	73
Figura 6.F Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps (segons) d'un atac d'una jugadora professional	74
Figura 6.G Gràfic de la velocitat angular $^{\circ}/s$ en funció del temps (segons) d'un atac d'una jugadora professional	75
Figura 6.H En aquesta fotografia es veu representats els eixos Z i X	76
Figura 6.I Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps (segons) d'una defensa d'un jugador professional	77

Figura 6.J Gràfic de la velocitat angular en $^{\circ}/s$ en funció del temps (segons) d'una defensa d'un jugador professional	78
Figura 6.K Gràfic de l' acceleració en m/s^2 en funció del temps (segons) d'una defensa d'un jugador amateur	79
Figura 6.L Gràfic de la velocitat angular en $^{\circ}/s$ en funció del temps (segons) d'una defensa d'un jugador amateur	79
Figura 6.M Gràfic de l' acceleració en m/s^2 en funció del temps (segons) d'una defensa d'una jugadora professional	80
Figura 6.N Gràfic de la velocitat angular en $^{\circ}/s$ en funció del temps (segons) d'una defensa d'una jugadora professional	81
Figura 6.O En aquesta fotografia es pot veure una representació dels eixos Z i X	82
Figura 6.P Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix X d'un jugador professional	84
Figura 6.Q Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix X d'un jugador amateur	85
Figura 6.R Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix X d'una jugadora professional	86
Figura 6.S Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix Y d'un jugador professional	88
Figura 6.T Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix Y d'un jugador amateur	89
Figura 6.U Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix Y d'una jugadora professional	90
Figura 6.V Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix Z d'un jugador professional	92
Figura 6.W Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix Z d'un jugador amateur	94
Figura 6.X Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix Z d'una jugadora professional	95
Figura 6.Y Histogrames atac amateur i professional masculí superposats	97
Figura 6.Z Histogrames defensa amateur i professional masculí superposats	98
Figura 6.AA Histogrames atac i defensa d'un professional masculí superposats	99
Figura 6.BB Histogrames atac i defensa d'un amateur masculí superposats	100
Figura 6.CC Histogrames atac d'un professional masculí i professional femení superposats	101
Figura 6.DD Histogrames defensa d'un professional masculí i professional femení superposats	102
Figura 6.EE Eixos usats al llarg del treball	103

Índex de Taules

Taula 3.A Característiques tècniques de l'acceleròmetre	18
Taula 3.B Característiques tècniques de la font d'alimentació	19
Taula 3.C Exemple de dades en una fulla Excel dels valors mesurats per l'acceleròmetre	23
Taula 3.D Característiques tècniques del carregador de bateries	24
Taula 3.E Taula on es pot veure les acceleracions calculades i mesurades.	28
Taula 4.A Taula resum de l'estudi en la posició 1	35
Taula 4.B Taula resum de l'estudi en la posició 2	37
Taula 4.C Taula resum de l'estudi en la posició 3	39
Taula 4.D Taula resum de l'estudi en la posició 4	41
Taula 4.E Taula resum dels 10 xuts en les 4 posicions	42
Taula 4.F Característiques tècniques de l'acceleròmetre LPR	45
Taula 5.A Resum dels valors màxims en els xuts dels diferents esportistes	59
Taula 6.A Taula resum de les accions atacants.	75
Taula 6.B Taula resum de les accions defensives.	81
Taula 6.C Taula resum de les accions en l'eix X	83
Taula 6.D Taula resum de les accions en l'eix Y.	88
Taula 6.H Taula resum de les accions en l'eix Z	92

1. Prefaci

La tecnologia busca oferir noves formes de formació, per tal de mantenir i desenvolupar encara més les habilitats dels jugadors, recolzant-se sempre en tecnologia per controlar nous paràmetres, com en el nostre cas, que volem controlar les acceleracions en l'hoquei. Les noves tecnologies ajuden molt als clubs a intentar aconseguir el seu objectiu, ser els majors exponents en l'àmbit mundial.

L'aplicació de la ciència en l'esport, o directament en l'enginyeria, fa que molts conceptes, objectes i esports hagin tingut una millora espectacular en la seguretat i en el nivell de joc.

Pel que fa a dispositius cada cop tenim més aparells o eines que ens ajuden a calcular diferents paràmetres importants pels preparadors físics o entrenadors o simplement per l'espectador. La gran majoria són dispositius GPS que calculen una distància, i a partir d'aquesta distància es pot calcular diferents paràmetres com, velocitats, distàncies recorregudes, forces...

1.1. Origen i motivació del treball

El Setembre del 2017 vaig començar a fer pràctiques com a becari en el departament de qualitat d'una empresa d'estampació de components pel món d'automoció. En aquestes pràctiques vaig poder aplicar molts dels coneixements apresos al llarg de la meva etapa com estudiant, i on vaig aprendre moltes coses que em van generar un interès molt gran. Al llarg del grau d'enginyeria mecànica hem tocat molts temes en diferents assignatures, però un cop cursant el quart curs m'he adonat que directament no hem tocat mai l'enginyeria en l'esport. L'activitat física, juntament amb l'interès per la millora i la facilitació de la vida són dues de les meves passions i tenia molt clar que volia encarar el meu TFG en combinar aquestes dues passions, però no tenia clar el com fer-ho.

Mirant les propostes de treball final de grau que estaven publicades a la pàgina web de la EEBE, vaig veure una que em va cridar molt l'atenció, tot seguit vaig anar a parlar amb el Raul Benitez, que és qui proposava aquest treball. Aquest treball estava més encarat cap a un grau d'enginyeria Biomèdica, però parlant vam decidir com encarar diferent el tema per tal que fos més un TFG adequat al meu grau, el grau d'enginyeria mecànica. D'aquesta manera vaig tenir molt clar que aquest sí que era el TFG que volia fer. Un TFG on per fi podia aplicar conceptes d'enginyeria en l'esport.

Tenint present que al llarg del TFG havia de dedicar-hi moltes hores, necessitava un tema que em motivés. He tingut dos companys, un a l'empresa on vaig fer les pràctiques, i un a l'empresa on estic treballant actualment que van fer de TFG temes relacionats amb l'empresa. Personalment l'empresa

em va dir que ells no tenien cap inconvenient en què fes el TFG a l'empresa, però mi vaig oposar. És cert que segurament hagués sigut un treball més fàcil, però el què no volia era sortir de treballar vuit hores i arribar a casa i haver de fer el mateix que a la feina. Això també va ser una de les coses que em va fer decantar per un tema que realment em despertés curiositat i interès, i que quan sortís de treballar no em costés esforç dedicar-hi les hores necessàries.

Per què l'hoquei? Jo sóc d'un petit poble, anomenat Sant Hipòlit que és famós en l'àmbit mundial per l'hoquei, on tenim equips masculins i femenins a l'elit, els quals han guanyat diverses competicions europees i lligues espanyoles. És un esport visualment molt atractiu, i un dels que en l'àmbit internacional, Espanya s'emporta més competicions, però per la premsa no té interès necessari, i per tan grans empreses no volen invertir ni posar diners en aquest esport. Directament, en ser un esport minoritari, la gran evolució de la tecnologia no s'ha vist reflectida en aquest esport. Una de les meves motivacions, en veure la poca repercussió que tenia tecnològicament aquest esport, va ser llençar-me per provar de dissenyar un sistema de mesura d'acceleracions a través d'un acceleròmetre.

Sóc conscient que aquest projecte precisa la voluntat per part de l'autor de realitzar un treball interdisciplinari en el què és combina instrumentació electrònica, disseny, experimentació, mecànica, i anàlisi de dades.

1.2. Requeriments previs

En aquest apartat es farà un breu resum de l'hoquei i dels acceleròmetres, ja que són els conceptes principals del projecte i no són coneguts per tothom.

1.2.1. L'Hoquei

L'hoquei, segons la Real Federació Espanyola de Patinatge (RFEP) (2018) és un joc esportiu que consisteix amb la cooperació-oposició entre dos equips de cinc jugadors, on quatre d'aquests són jugadors i un dels quals és el porter. Els jugadors es desplacen sobre uns patins de quatre rodes, amb un fre davanter i com a instrument de joc utilitzen un estic de fusta per colpejar la dura pilota amb l'objectiu d'introduir aquesta a la porteria de l'equip contrari fent d'aquesta manera un gol. L'objectiu més important és intentar marcar els màxims de gols possibles a l'equip rival durant el transcurs del partit.

1.2.2. Acceleròmetres

L'acceleròmetre és un instrument que mesura l'acceleració a diferents plans. El que hem escollit per desenvolupar l'estudi mesura l'acceleració a 3 plans (X,Y i Z).

Un acceleròmetre no mesura el canvi d'acceleració per coordenades, si no mesura el canvi de velocitats en el seu propi marc de repòs instantani. És l'acceleració amb relació a la gravetat de la terra (caiguda lliure).

Quan l'acceleròmetre experimenta una acceleració, la massa es desplaça fins al punt que la molla pot accelerar al mateix ritme que la carcassa. El desplaçament mesurat serà el que es farà servir per trobar l'acceleració.

La gran majoria d'acceleròmetres són piezoelèctrics, piezoresistius i capacitius. Aquests dispositius s'utilitzen per convertir el moviment mecànic en un senyal elèctric.

1.2.2.1. Història

Els sensors de vibració o acceleració recauen inicialment com a instruments dins del camp dels laboratoris d'investigació. Com tot instrument ha avançat agafat de la mà dels avenços de la tecnologia, els acceleròmetres actuals no tenen res a veure amb els inicials, ni per cost, ni per dimensions, ni precisió...

Els primers acceleròmetres eren dispositius analògics electrònics. A mesura que ha avançat la tecnologia s'han convertit en dispositius amb disseny electrònic i digital basats amb un microprocessador.

1.2.2.2. Aplicacions d'acceleròmetres

Aplicacions d'enginyeria

Es podria afirmar que totes les aplicacions responen a aplicacions d'enginyeria, ja que necessita un procediment de disseny, desenvolupament i valoració de resultats. Els acceleròmetres es poden utilitzar per mesurar les acceleracions d'un vehicle. Aquests dispositius també serveixen per calcular vibracions en màquines, edificis, sistemes de control... També es poden fer servir per calcular l'activitat sísmica, inclinacions de la màquina, distàncies i velocitats dinàmiques amb influència de la velocitat.

Aplicacions industrials

Les aplicacions industrials pels acceleròmetres engloben el monitoratge de vibracions de la maquinària per diagnosticar condicions fora del contorn en peces giratòries. Un dispositiu analitzador de vibracions basat en l'acceleròmetre pot detectar vibracions anormals, pot també ajudar a identificar la causa i analitzar la vibració.

Aplicacions esportives

En aquest grup és on ens centrarem més. Els dispositius tecnològics en el món de l'esport cada dia van en augment. Com hem dit a l'apartat del prefaci, la gran majoria d'aplicacions esportives són per l'estudi. És a dir, que directament no ajuden a millorar l'esportista. Una de les aplicacions més usada són els GPS amb acceleròmetre, que ajuden als preparadors físics a saber les distàncies, velocitats i canvis de ritme que han experimentat els seus jugadors durant la sessió d'entrenament o partit. Paral·lelament aquestes dades les faciliten a mitjans de comunicació i d'aquesta manera l'espectador té constància i pot saber aquests paràmetres dels jugadors del seu equip.

Aplicacions estructurals

En temes d'estructura, l'aparició d'una esquerda, una soldadura dolenta, o la corrosió, pot fer canviar la forma de vibració i tots els paràmetres de resistència de l'estructura. Aquesta estructura pot ser la carcassa d'un motor, turbina o com bé diu el nom, l'estructura d'un edifici. A escala petita (estructures de motors) la prova es fa picant amb un martell l'estructura. D'aquesta manera fa que hi haguí un patró de vibració.

Aplicacions biomèdiques

Els acceleròmetres cada vegada s'utilitzen més en ciències biològiques i biomèdiques. Els enregistraments d'alta freqüència d'acceleració permeten la discriminació de patrons de moviment i comportament dels éssers vius quan estan fora de la nostra visió. A més les acceleracions permeten als investigadors quantificar les velocitats dels animals, ja sigui per determinació de la freqüència de moviment del nostre cos o per mesurar l'acceleració global del nostre cos. Aquests enfocaments s'han adoptat principalment per científics marins a causa de l'incapacitat d'estudi en aquests animals, tot i que cada cop més els biòlegs terrestres han adaptat aquests dispositius. Els acceleròmetres es poden connectar a un amplificador per millorar el seu senyal.

Transport

Els acceleròmetres s'utilitzen en el sistema de navegació dels vehicles. Pel que fa al transport, un dels usos més importants dels acceleròmetres és la seva implementació a la seguretat, més concretament a dins dels airbags dels vehicles més nous. En aquest cas, els acceleròmetres s'utilitzen per detectar l'acceleració negativa del vehicle, així d'aquesta manera sap quan s'ha produït un accident i també la gravetat de la col·lisió i saber quan ha d'actuar.

Un altre ús, és en el sistema electrònic de control d'estabilitat. Aquesta aplicació es tracta d'utilitzar un acceleròmetre lateral per conèixer la força en què fem una corba. Gràcies a les aplicacions en el món de l'automobilisme ha fet que el preu dels acceleròmetres haguí abaixat el seu preu al mercat.

2. Introducció

2.1. Objectius i abast del treball

En aquest projecte hi ha l'objectiu d'aprendre amb totalitat el funcionament d'un acceleròmetre i interpretar els valors mesurats a través d'ell. Es vol dissenyar i implementar un sistema de mesura per l'estudi d'acceleracions en l'esport de l'hoquei.

El primer objectiu és dissenyar un estic per facilitar la implementació del sistema de mesura d'acceleracions. En aquest disseny es vol estudiar l'acceleració d'un estic alhora que un jugador fa un llançament. Modificant la localització de l'acceleròmetre per trobar la zona que pateix més acceleració i per tant, de més moviment. Així a través d'aquest estudi es podrà saber on col·locar l'acceleròmetre pel disseny de l'estic.

A continuació, un cop es localitzi la posició de l'estic on col·locar l'acceleròmetre i es tingui el disseny del sistema a punt per a la seva deguda implementació, es passarà a estudiar xuts i accions de joc de diferents esportistes. Inicialment hi ha la hipòtesi que un jugador que està atacant mou l'estic amb més acceleració que el jugador que està defensant. Es comprovarà amb la implementació de l'acceleròmetre si la hipòtesi inicial és correcta.

També per corroborar el sistema de mesura d'acceleracions en l'hoquei és bo recollir dades a diferents nivells. Començant al nivell professional, tant masculí com femení, fins a un nivell més amateur d'hoquei.

Es comprovarà si la implementació d'aquest sistema diferencia entre els diferents nivells de jugadors d'hoquei a estudiar.

3. Components utilitzats

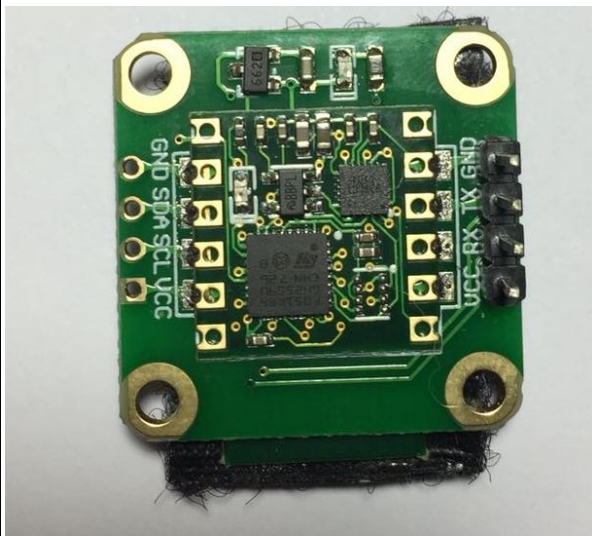
3.1. Acceleròmetre utilitzat

Per dur a terme el projecte s'ha utilitzat el model BT6050 de la marca WitMotion (Taula 3.A).

Aquest dispositiu té una entrada VCC (+) i una GND(-). També disposa d'una RX i la TX. Tot i que aquestes dues últimes entrades no s'utilitzaran, ja que no interessa extreure dades directament de l'aparell. El que interessa és que l'acceleròmetre envii les dades a un ordinador o un dispositiu per Bluetooth.

L'acceleròmetre escollit mesura dades d'acceleració cada 0,15 segons. D'aquesta manera amb 1 minut d'estudi l'acceleròmetre mesurarà 400 valors d'acceleració.

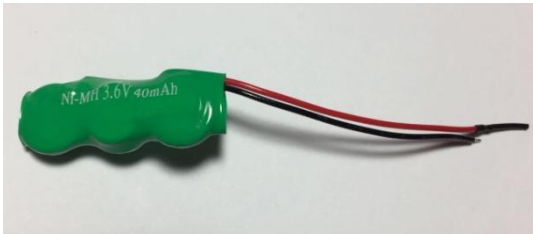
Component	Acceleròmetre
Model	BT6050
Característiques tècniques	
Marca	WitMotion
GPS	3D
Intensitat	<40mA
Precisió	Acceleració 0,01g i 0,05 °
Alimentació	3,3V-5 V 0.1-200Hz
Dimensions (mm)	25x27,5x11
Pes	15 g



Taula 3.A Característiques tècniques de l'acceleròmetre

En aquest acceleròmetre, l'alimentava una font d'alimentació de Ni-Mh amb 40mAh. En la taula adjunta a continuació es pot veure les característiques tècniques de la bateria (Taula 3.B).

Component	Bateria
Model	3.6V
Característiques tècniques	
Marca	--
Material	Ni-MH
Intensitat	40mAh
Dimensions (mm)	35x5x11
Pes	17 g



Taula 3.B Característiques tècniques de la font d'alimentació

3.2. Software utilitzat

Aquesta marca d'acceleròmetres et facilita un software (Fig. 3.A). Aquest software te'l pots descarregar lliurement i gratuïtament des de la seva pàgina web.

És molt senzill de fer anar, connectes l'aparell al Bluetooth del teu ordinador, tries el model d'acceleròmetre que tens i esculls el canal 5. A l'annex A hi ha l'*User Manual* on explica pas a pas les instruccions per usar el software.

Dins aquest software, et mostra les gràfiques en funció de l'acceleració (Fig. 3 B), l'angle de velocitat (Fig. 3.C), l'angle de l'aparell (Fig. 3.D) .

També hi ha la possibilitat de veure uns fulla resum, de tots els paràmetres que l'acceleròmetre mesura(Fig. 3.E).

Aquest software et dóna la possibilitat d'extreure les dades, on seguidament tu les pots exportar en un Excel o el MATLAB. Aquest software et mostra amb 3D el moviment de l'acceleròmetre.

Al fer servir un acceleròmetre amb Bluetooth es te l'avantatge de què pots posicionar-te a fora la pista de joc amb l'ordinador i les dades t'arriben correctament. Aquest Bluetooth té una gran amplitud i no es té dificultats perquè arribin els valors mesurats a l'ordinador.



Figura 3.A Imatge demostració Software utilitzat. (Font: Elaboració propia)

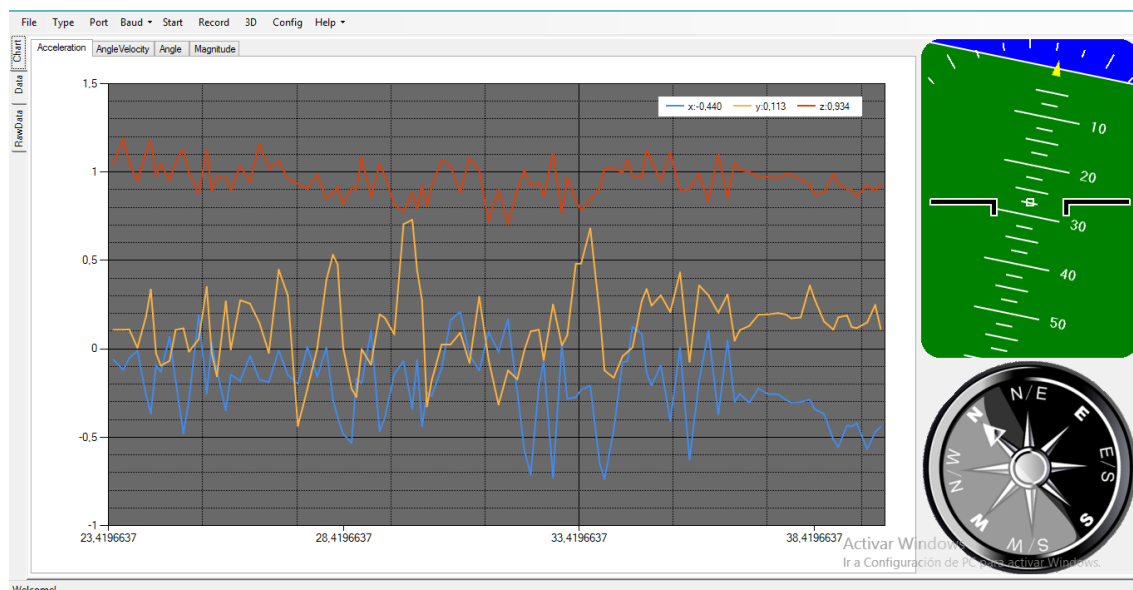


Figura 3.B Gràfica de l'acceleració amb unitat en gravetat (g) en funció del temps en segons. (Font: Elaboració pròpia)

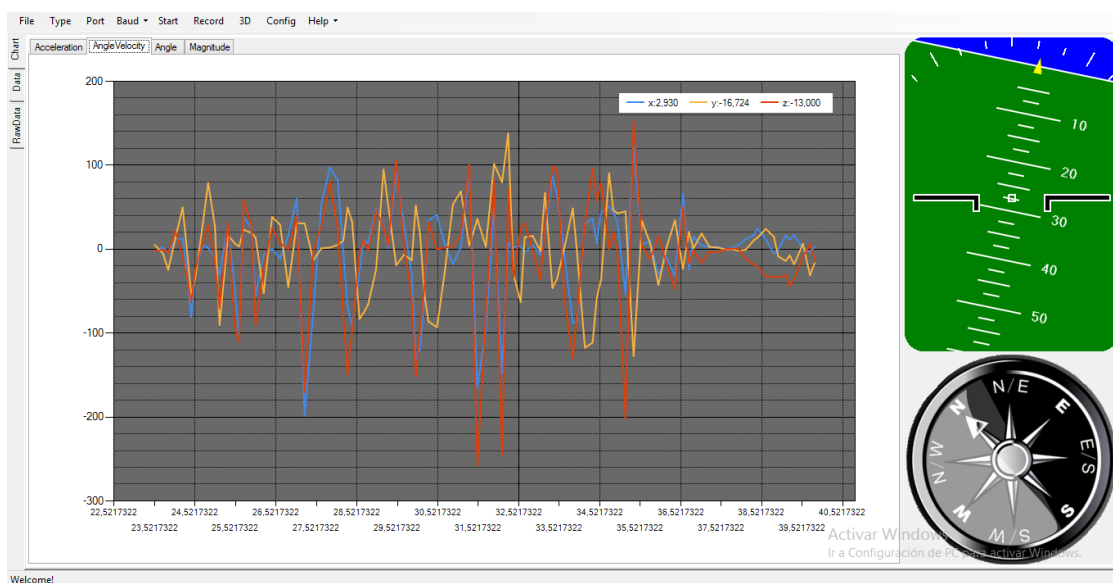


Figura 3.C Gràfica de l'Angle de moviment en graus en funció del temps en segons. (Font: Elaboració pròpia)

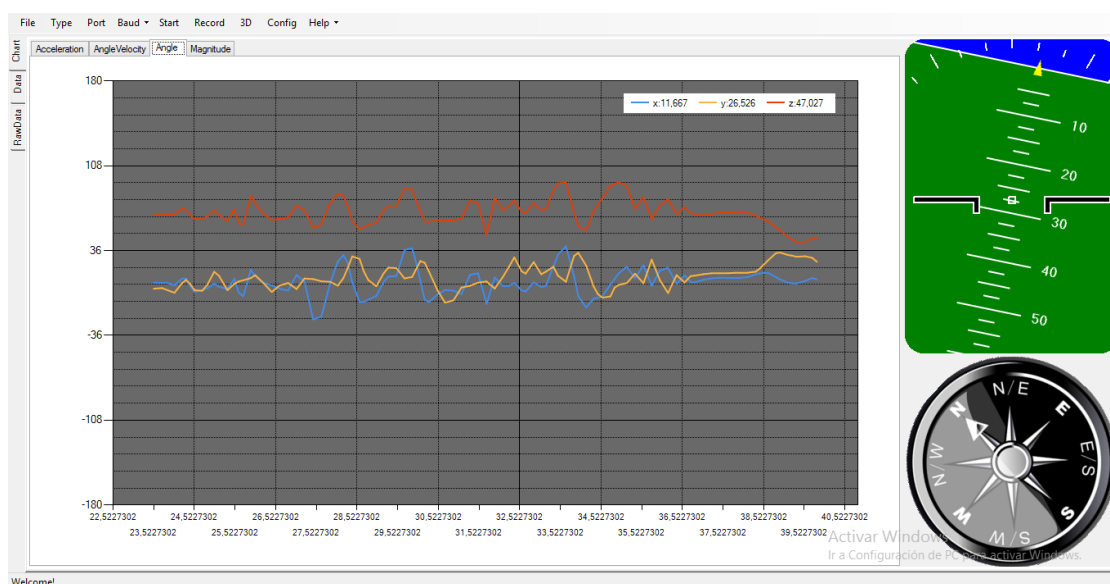


Figura 3.D Gràfica de l'angle de moviment de l'acceleròmetre en graus en funció del temps en segons. (Font: Elaboració pròpia)

File	Type	Port	Baud	Start	Record	3D	Config	Help
Chart	Acceleration	AngleVelocity	Angle	Magnitude				
Time	SystemTime: 18:32:01	ChipTime: 2015-1-1 0:27:900	RelativeTime: 39,901	Acceleration	AngleVelocity	Magnitude		
				X: -0,4712 g	X: 17,6392 ° /s	X: 355 mG		
				Y: 0,1646 g	Y: -11,4746 ° /s	Y: 163 mG		
				Z: 0,9771 g	Z: 1,7700 ° /s	Z: -15 mG		
				T: 1,0971 g	T: 21,1173 ° /s	H : 391 mG		
Port	D0: 2108	D1: 4085	D2: 2897	D3: 2355	Pressure	Angle	q	
					Temperature: 37,39 °C	X: 11,887 °	q0: 0,90146	
					Pressure: 100002 Pa	Y: 25,329 °	q1: 0,00732	
					Height: 110,70 m	Z: 46,214 °	q2: 0,24023	
						T: 37,39 °C	q3: 0,35995	
GPS	Longitude: 0° 0,00000'	Latitude: 0° 0,00000'	GPS Height: 0,0 m	GPS Yaw: 0,0 °	GPS Velocity: 0,000 km/h	GPS		
						Satellite Num: 0		
						PDOP: 0,00		
						HDOP: 0,00		
						VDOP: 0,00		

Figura 3.E Taula resum d'els valors a temps real que l'acceleròmetre mesura. (Font: Elaboració pròpia)

Un cop s'envien les dades a un bloc de notes, el software ens presenta els diferents valors en funció del temps i els tres eixos principals, l'eix X,Y i Z. A la següent imatge, només es mostra els que interessen per desenvolupar el projecte. (Taula 3.C).

Real Time (s)	Time(s)	ChipTime	ax(g)	ay(g)	az(g)	wx(°/s)	wy(°/s)	wz(°/s)
0	78,144	03:04,4	-3,9292	1,0449	3,6646	107,666	277,0386	-63,9648
0,15	78,211	03:04,5	-6,2764	-5,4482	15,9741	19,8364	860,8398	166,9312
0,3	78,341	03:04,6	6,2241	-5,9639	9,7979	0,4272	792,4805	4,6997
0,45	78,396	03:04,7	3,8447	2,4399	3,2412	-112,2437	76,5991	4,5166
0,6	78,554	03:04,8	1,3711	-0,3711	1,1421	48,0347	-153,8696	4,5776
0,75	78,613	03:04,9	-0,5576	-1,8086	0,4658	31,7993	-193,5425	4,3335
0,9	78,759	03:05,0	-1,5776	-1,7896	0,7539	-29,2969	-150,3906	4,4556
1,05	78,815	03:05,1	-1,6821	-0,7695	0,8618	-84,5947	-55,8472	4,2114
1,2	78,954	03:05,2	-0,8774	-0,6157	0,79	-68,9697	14,5874	-54,2603
1,35	79,01	03:05,3	-0,2559	-0,5952	0,6475	-58,3496	48,0957	-62,1338
1,5	79,159	03:05,4	-0,0391	-0,6382	0,438	-31,7383	40,4053	-1,2817
1,65	79,215	03:05,5	-0,103	-0,8687	0,3784	-19,165	40,1001	10,8032
1,8	79,36	03:05,6	-0,106	-1,0449	0,2837	-28,5645	44,6777	-36,6211
1,95	79,436	03:05,7	-0,0801	-0,8398	0,1089	-25,7568	45,7153	-19,8364
2,1	79,514	03:05,8	-0,0898	-0,8623	0,0361	-15,7471	44,9219	-8,3008
2,25	79,615	03:05,9	-0,0566	-0,8745	-0,019	-15,9912	26,001	14,7705
2,4	79,771	03:06,0	0,0503	-0,8726	0,02	-15,0146	6,958	-9,0332
2,55	79,825	03:06,1	-0,1274	-0,8306	0,1665	-6,897	-13,4277	22,3389
2,7	79,983	03:06,2	-0,2495	-1,0259	0,2319	7,2632	-12,085	21,6064
2,85	80,053	03:06,3	0,0112	-1,4297	-0,0356	-11,1694	-1,3428	-3,6011
3	80,084	03:06,4	0,0469	-1,0811	-0,25	-48,7671	-22,522	-8,7891
3,15	80,241	03:06,5	-0,2773	-0,7109	-0,1597	-32,3486	-31,4941	110,7178
3,3	80,354	03:06,6	-0,3647	-0,333	-0,0703	0,1221	-18,4326	62,6831
3,45	80,419	03:06,7	-0,377	-0,8574	0,0059	20,2637	-2,9297	18,8599
3,6	80,529	03:06,8	-0,5693	-0,894	0,0522	25,0244	16,5405	-0,1221
3,75	80,581	03:06,9	-0,5454	-0,8008	0,1714	26,9165	38,8184	-21,1182

Taula 3.C Exemple de dades en una fulla Excel dels valors mesurats per l'acceleròmetre

En el requadre en blau es té l'acceleració en funció de la gravetat. S'agafa $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. D'aquesta manera, per exemple, és podrà passar l'acceleració de g a unitats del SI;



$$T = 0,15s \rightarrow ax = (-6,2764) \cdot g = (-6,2764) \cdot 9,81 = -61,57 \text{ m/s}^2 \quad (\text{Eq. 3.1})$$

En el requadre en verd, hi ha la velocitat angular en °/segon.

3.3. Carregador de bateria

El problema de les bateries de 3,6V i 40mah és l'autonomia. Tenen una autonomia molt baixa si es comparem amb les piles AA convencionals de 1,5V i 2550-3000mAh. Degut aquest problema s'ha decidit que per tema econòmic i mediambiental era millor comprar un carregador de bateries, així mentre es fa servir una per mesurar, es pot tenir l'altre carregant-se. El carregador usat és un Fullwat FU-CPA300 regulable des de 40-300mA i per bateries de Ni-Mh i Ni-Cd. Per tant, és vàlid per la bateria usada, ja que és una bateria de Ni-Mh de 40mAh. (Taula 3.D)

Component	Carregador de bateries
Model	FU-CPA300
Característiques tècniques	
Marca	FullWat
Voltatge	Input 230V Output 1.2V-3.6V
Intensitat	40-320mA
Dimensions (mm)	75x52x77
Pes	2300 g



Taula 3.D Característiques tècniques del carregador de bateries

3.4. Posada en funcionament

3.4.1. Calibrar el dispositiu

Primer de tot, un cop es tenen tots els instruments necessaris per poder començar el projecte, es comprova que l'acceleròmetre està correctament calibrat. Per fer aquesta comprovació, s'alimenta el dispositiu i es deixa amb repòs sobre una superfície totalment plana.

Fen la comprovació, l'acceleròmetre mesura els següents valors (Fig. 3.F):

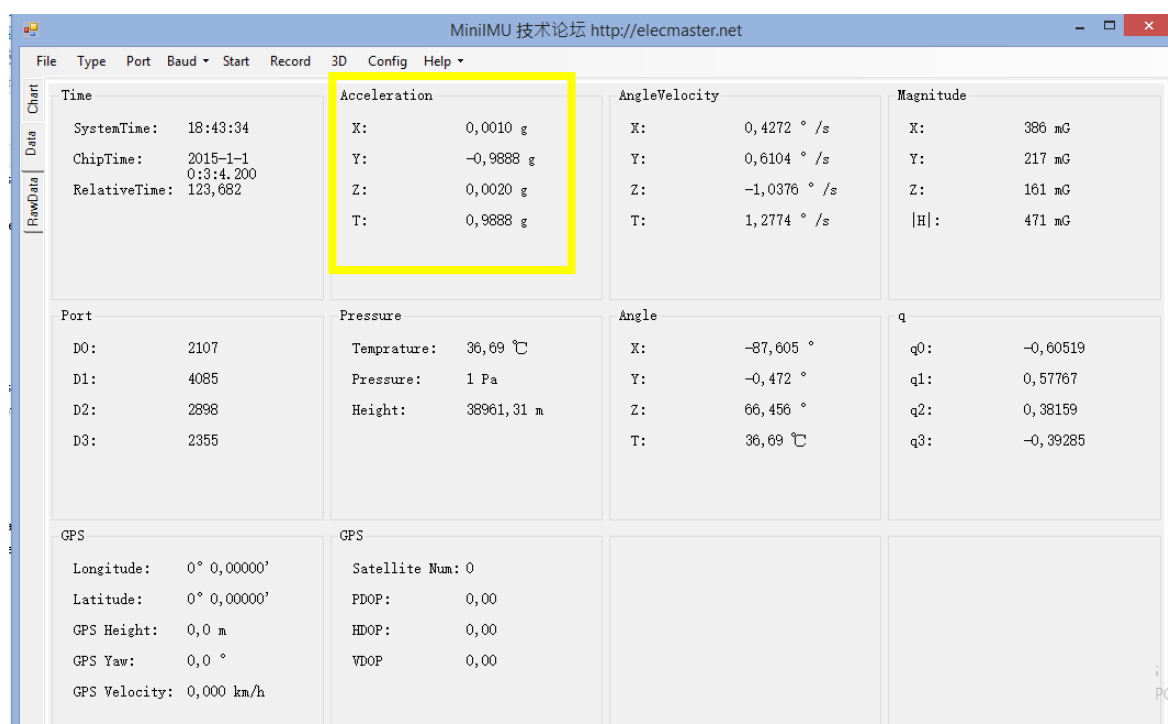


Figura 3.F. Full resum de les dades mesurades al calibratge (Font: Elaboració pròpia)

Observant els valors de dintre el requadre groc, s'accepta per correcte el calibratge. Pel que fa a l'eix de les X, es té un valor de 0,001g que amb unitats del SI és $0,009 \text{ m/s}^2$ i a l'eix Z $0,002g \rightarrow 0,019 \text{ m/s}^2$. Són acceleracions que es poden menysprear si es vol parlar de forces d'acceleracions durant el moviment d'un estic d'hoquei. Finalment pel que fa a l'eix Y, s'observa que l'acceleració és quasi 1g, exactament en valor absolut és 0,988 g, arrodonint es pot dir que és l'acceleració de la gravetat, els $9,81 \text{ m/s}^2$. El perquè de l'eix Y el valor el doni en valors negatius, és que en deixar l'acceleròmetre en repòs, la posició que afavoria més aquesta condició era col·locant l'acceleròmetre del revés.

3.4.2. Validació de l'acceleròmetre

A continuació de comprovar que l'acceleròmetre està correctament calibrat es passarà a validar que les mesures de l'acceleròmetre són reals i vàlides.

Per corroborar les mesures de l'acceleròmetre, es comprovarà col·locant el dispositiu en un pèndol.

En l'estudi de pèndol, s'agafa un fil de pescar, concretament 50 cm amb un angle $\alpha = 75^\circ$. Es menysprea el pes del fil de pescar.

La massa de l'acceleròmetre, juntament amb la seva font d'alimentació i la capsa són 53 grams.

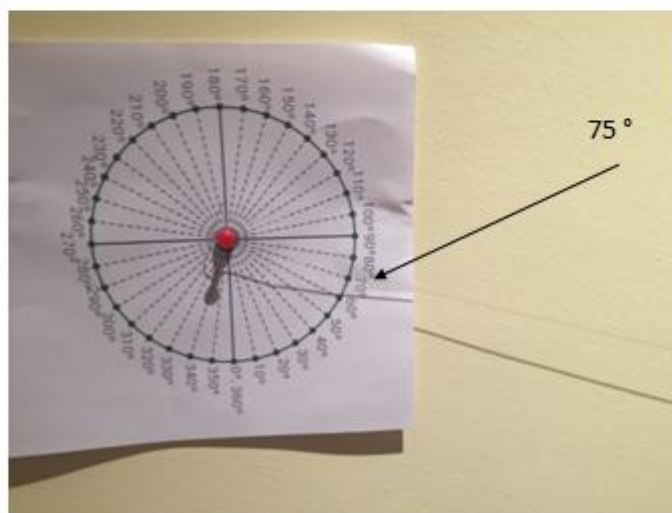
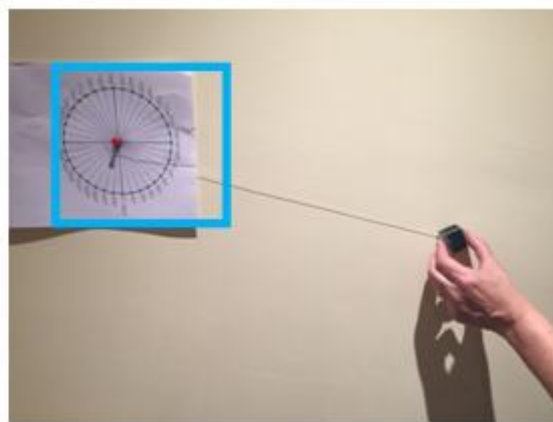


Figura 3.G En aquestes imatges es pot observar l'estudi del pèndol. (Font: Elaboració pròpia)

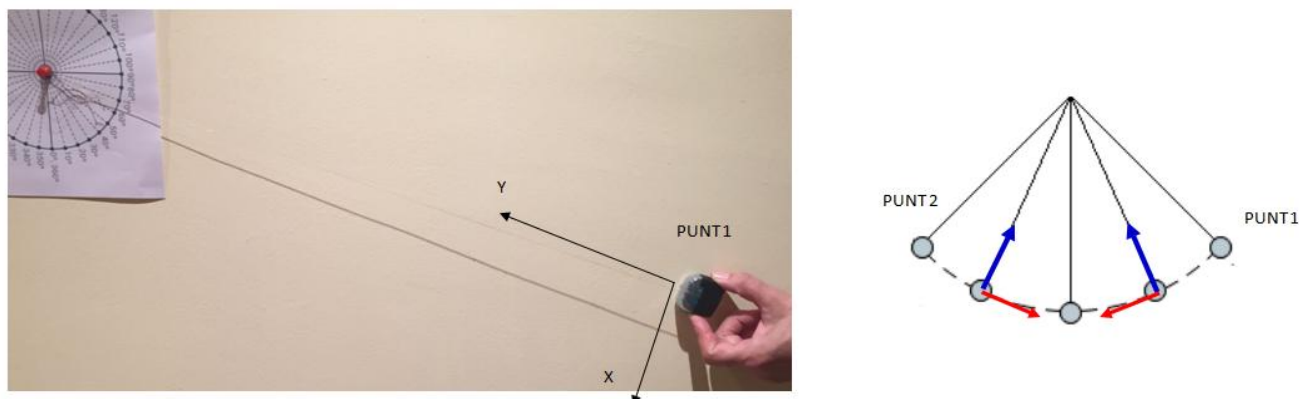


Figura 3.H En aquestes imatges es pot observar els punts analitzats de l'estudi del pèndol. (Font: Elaboració pròpia)

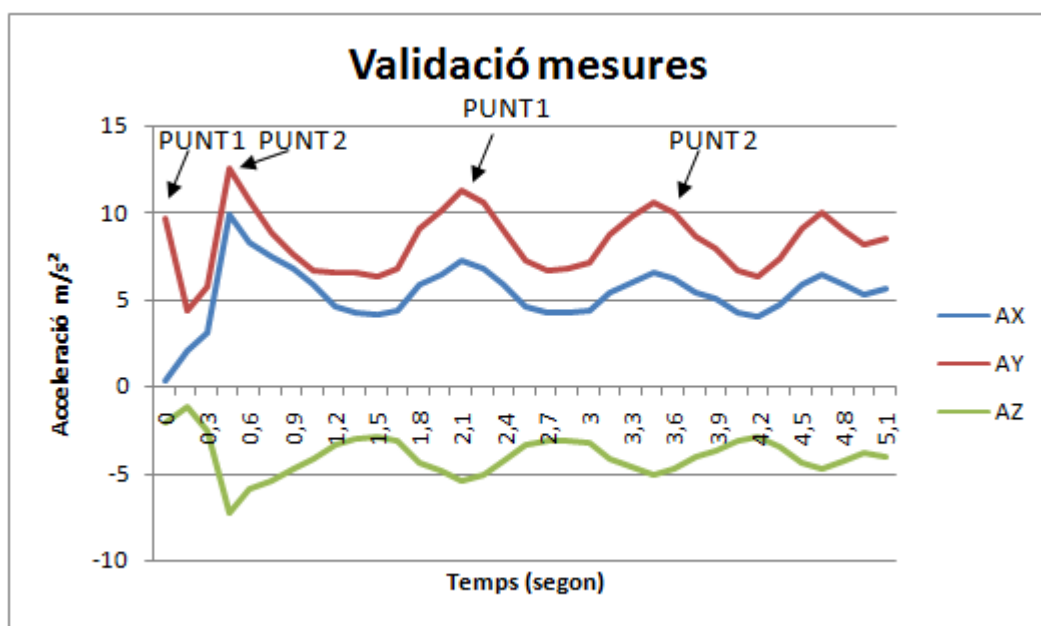


Figura 3.I Gràfica experiment pèndol. Es pot observar els dos punts a estudiar. (Font: Elaboració pròpia)

En el punt 1 com que l'acceleròmetre està en repòs, només mesura acceleració de la gravetat en l'eix Y. Per tant, fins al moment la mesura és vàlida. Quan es deixa caure el pèndol, l'acceleròmetre comença a reduir l'acceleració en Y i augmentar-la en X.

La màxima acceleració en X es troba en el punt 2. En aquest punt la component de l'acceleració en Y és la gravetat i la component en X és la mesurada amb l'acceleròmetre.

A continuació es passa a calcular l'acceleració en l'eix X en el punt 2, per corroborar si la mesura de l'acceleròmetre és vàlida. En aquest cas considerem que a_x és a_t .

Es realitza l'experiment 5 vegades.

Punt 2

$$F = m \cdot ax \quad (\text{Eq. 3.4.2.A.})$$

$$Px = F = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) \quad (\text{Eq. 3.4.2.B.})$$

El càlcul de l'acceleració en l'eix X s'ha suposat que és un pèndol ideal, sense forces de fregament, sense pèrdues d'energia i amb angle de gir constant.

EXPERIMENT	a_x CALCULADA (m/s ²)	a_x MESURADA (m/s ²)	DIFERÈNCIA (m/s ²)
EXPERIMENT 1	9,63	9,47	0,16
EXPERIMENT 2	9,63	9,54	0,09
EXPERIMENT 3	9,63	9,78	0,18
EXPERIMENT 4	9,63	9,75	0,12
EXPERIMENT 5	9,63	9,50	0,13

Taula 3.E Taula on es pot veure les acceleracions calculades i mesurades.

Les diferències entre el valor mesurat i el valor calculat són acceptable per l'estudi que es realitzarà. Si es volgués mesurar acceleracions de components i moviments molt precisos, s'hauria de buscar solucionar aquesta diferència entre valor real i valor calculat.

4. Disseny d'un sistema de mesura d'acceleracions

Un dels objectius del treball és dissenyar un sistema de mesura d'acceleracions en l'hoquei. El lloc que obtindrem més informació d'acceleracions en l'hoquei és a l'estic dels jugadors. Ara bé, no a totes les posicions de l'estic s'obtindrà l'acceleració real de moviment. Inicialment s'ha de trobar la posició on ha d'anar situat l'acceleròmetre perquè les dades mesurades siguin el més real possibles. Amb altres paraules, s'ha de buscar la posició més sensible de l'estic al moviment. Per trobar la posició on s'ha de col·locar el dispositiu es realitza un estudi, posicionant a diferents llocs el dispositiu.

4.1. Estudi de posicionament de l'acceleròmetre

En aquest estudi, com que el que interessa és trobar el punt de l'estic, i no el valor exacte d'acceleració, és indiferent si l'esportista és professional o amateur o si és masculí o femení. L'única restricció lògica que es posa per fer aquest estudi és que al llarg del desenvolupament ha de ser el mateix, i ell ha d'intentar xutar tots els llançaments amb la mateixa força, d'aquesta manera es podrà veure on hi ha més acceleració en l'estic en un xut. La millor condició per realitzar aquest estudi hagués estat tenir 4 dispositius, i col·locar-ne un a cada posició, així amb un sol llançament veuríem els resultats en les 4 posicions.

S'estudiaran 4 posicions a l'estic (Fig. 4.A) De cada posició s'analitzaran 10 xuts a porteria. Ens centrarem en l'estudi del moviment de l'estic en el xut. La finalització del xut, és a dir, si el xut realitzat acaba o no amb gol, no és una dada que aporti informació en el marc de les acceleracions.

En el següent apartat s'estudiarà la distribució de valors en el quantil d'orde 0,85 (85%) en l'eix vertical, que és l'eix on hi ha més acceleració. Un cop es tinguin els valors que entren a dins el quantil 0,85, es troba la mitjana d'ells, els errors absoluts i relatius, la desviació estàndard i l'error estàndard en cada posició a analitzar i la mediana.

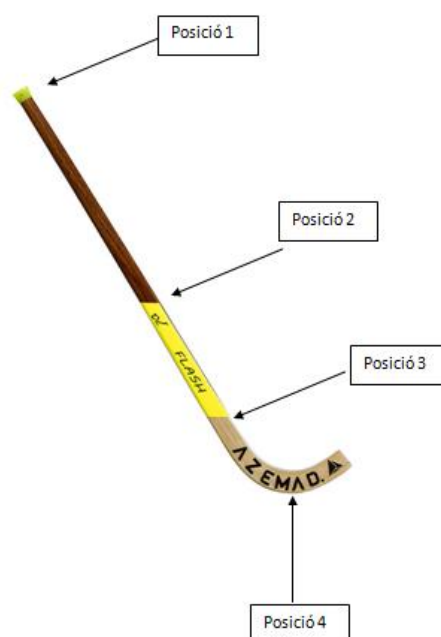


Figura 4.A En aquesta fotografia podem observar les 4 posicions del acceleròmetre que estudiarem

A continuació es deixa representat un xut en cada posició per demostrar que l'eix Y, és l'eix on hi ha més acceleració.

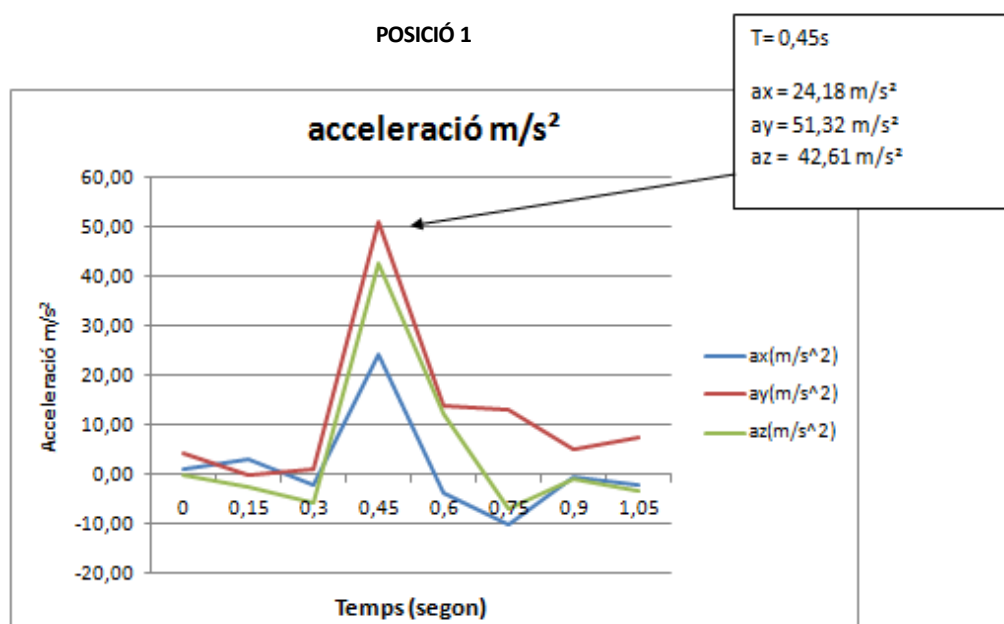


Figura 4.B Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons en la posició 1. (Font: Elaboració pròpia)

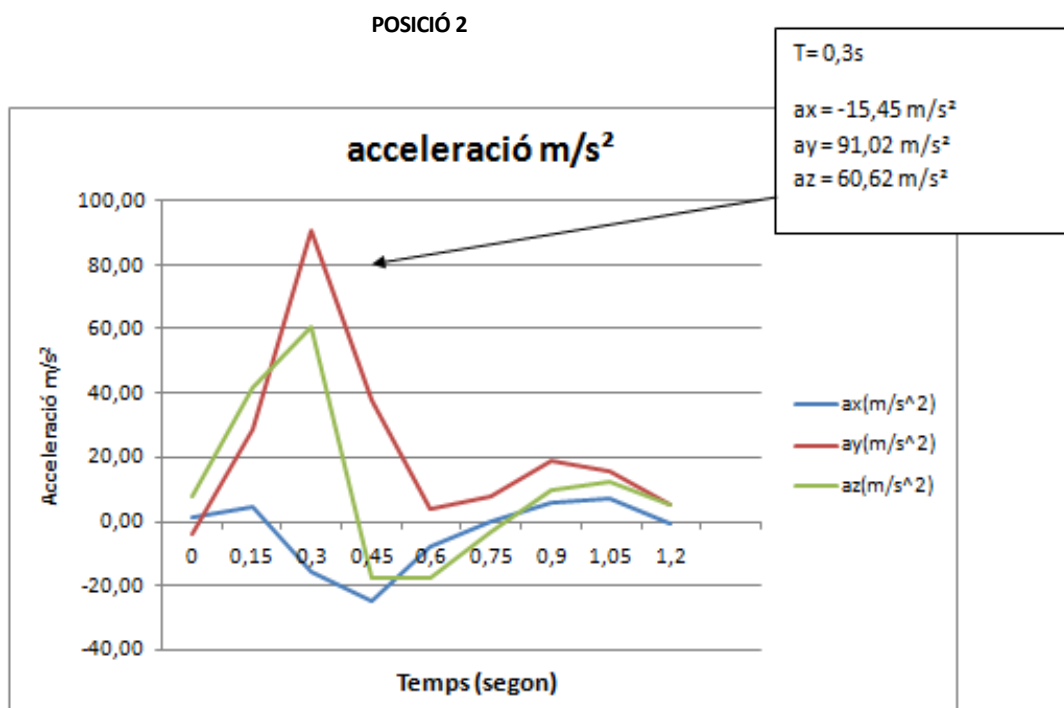


Figura 4.C Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons en la posició 2. (Font: Elaboració pròpia)

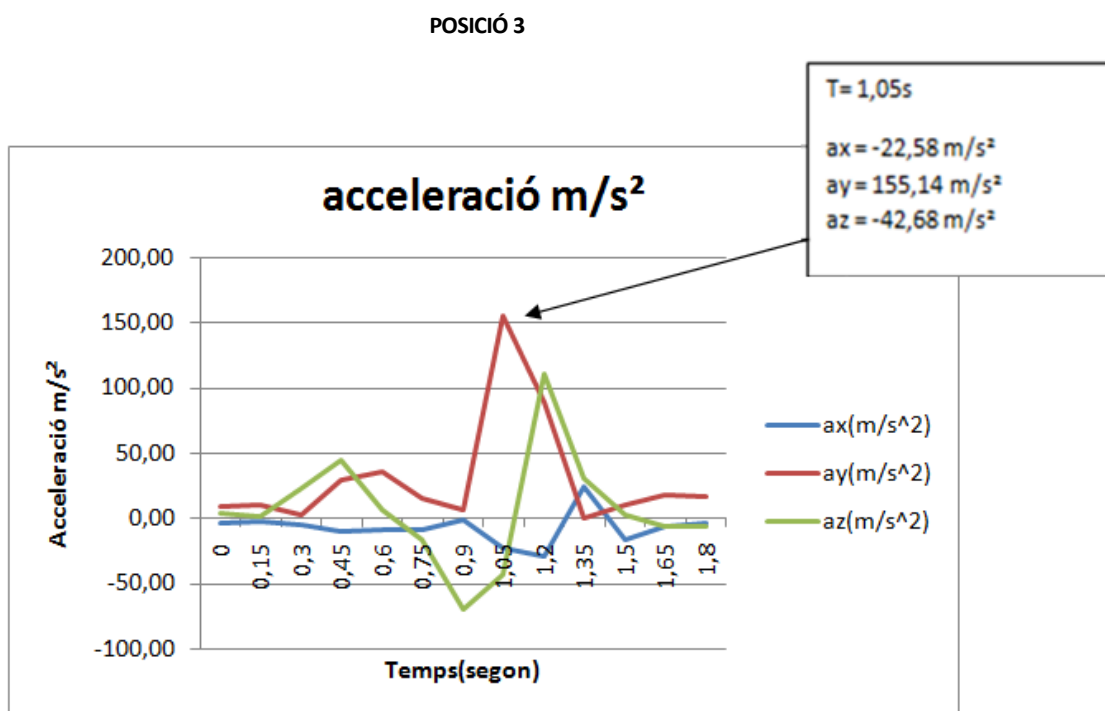


Figura 4.D Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons en la posició 3. (Font: Elaboració pròpia)

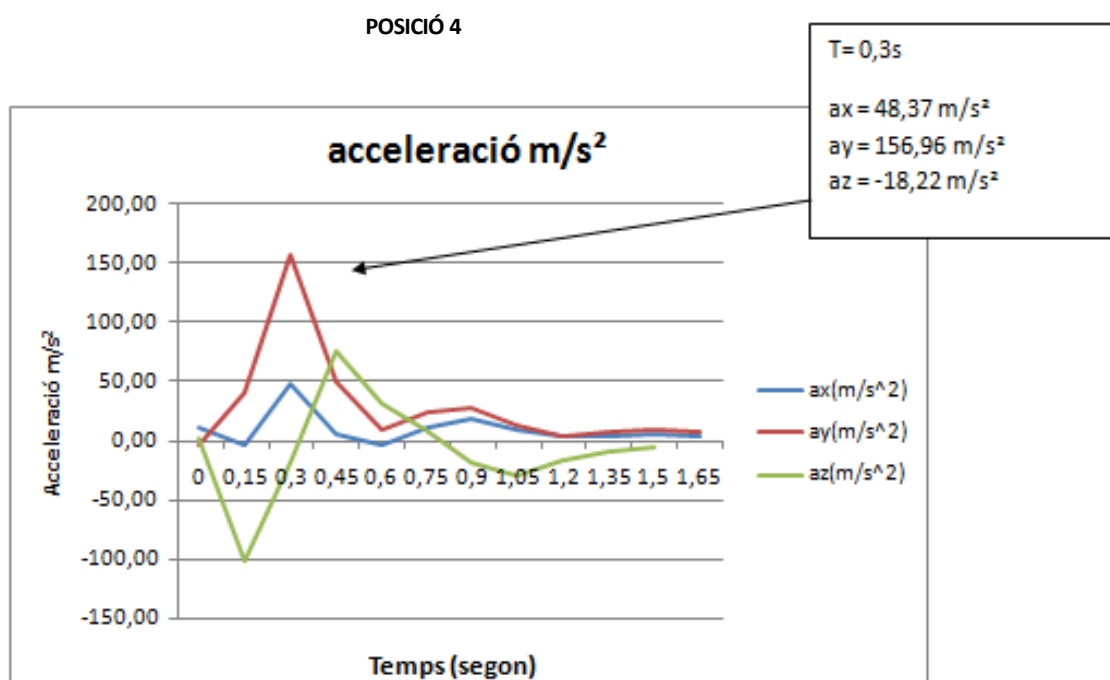


Figura 4.E Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons en la posició 4. (Font: Elaboració pròpia)

Anteriorment ja s'ha esmentat que per realitzar l'estudi de posicionament de l'acceleròmetre ens basem en l'estudi de 10 xuts. En aquest apartat es realitza una anàlisi de totes les acceleracions mesurades en aquests 40 xuts a porteria.

En l'estudi d'aquests 10 xuts ens centrarem únicament amb l'eix vertical, l'eix Y. Ja que en els gràfics anteriors s'ha pogut observar que és l'eix on hi ha més acceleració, per tant el que ens interessa per saber la posició a on col·locar l'acceleròmetre.

En l'estadística hi ha molts estudis que ens proporcionen valors de comportament de dades o tendències de les mostres mesurades. En l'anàlisi dels xuts a porteria, es treballarà amb el quantil 0,85 (85%). Un cop es tingui el quantil, es passarà a calcular la mitja aritmètica dels valors que corresponen a dins aquest quantil. La mitjana en cada xut és $\overline{ay}_{(i)}$. En tenir 10 xuts ($i=10$), es tindrà 10 valors de $\overline{ay}_{(i)}$ en cada posició.

Finalment es calcula la mitjana dels 10 valors de $\overline{ay}_{(i)}$. Aquesta mitjana calculada és \overline{ay} . A continuació es calcula la desviació estàndard, l'error estàndard i la mediana en cada posició. Finalment es realitza un estudi d'errors relatius i absoluts de les 4 posicions estudiades de l'estic.

La Universitat Politècnica de Catalunya, en tots els alumnes proporciona un software per ús acadèmic pel càlcul i programació matemàtica. Aquest programa és el MATLAB. Aquest software de computació numèric facilita molts càlculs.

Els valors que corresponen més a l'estadística descriptiva són el valor del quantil 0,85, la desviació estàndard, l'error estàndard, la mitjana aritmètica i la mediana. Aquests valors s'han calculat directament del MATLAB programant els següents codis.

Quantil

```
quantile(fitxer.variable, 0.85);
```

Desviació estàndard

```
std(fitxer.variable);
```

Error estàndard

```
std(fitxer.variable)/sqrt(n);
```

Mitjana aritmètica

```
mean(fitxer.variable(:,i) > qnts(i),2);
```

Mediana

```
median(fitxer.variable);
```

Càlcul d'errors

Donat que no es coneix el valor real, es pren com la mitjana aritmètica de les mesures efectuades com a valor real vertader de l'acceleració de xut.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (\text{Eq. 4.1})$$

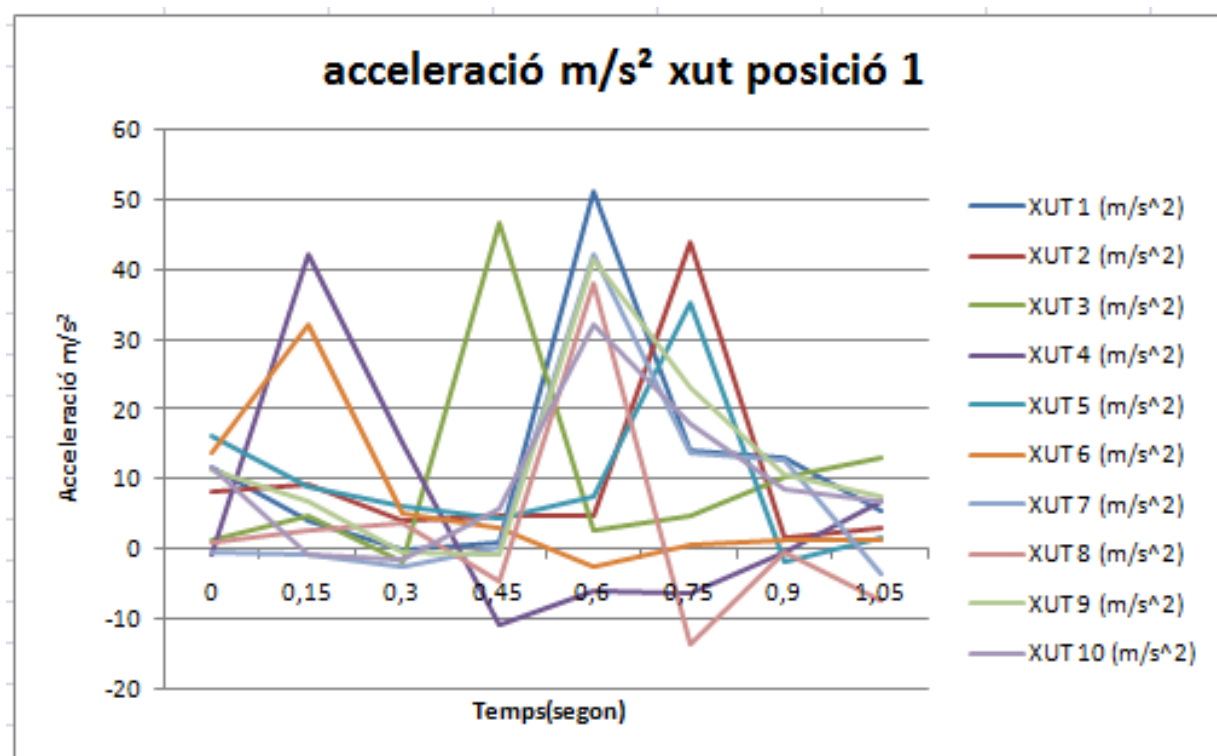
Un cop trobat aquest valor es passa a trobar l'error absolut, que és la diferència entre el valor real vertader i el valor mesurat.

$$\epsilon_a = |\bar{X} - X_i| \quad (\text{Eq. 4.2})$$

Tot seguit es té l'error absolut, es divideix pel valor real vertader i es té l'error relatiu. Finalment es multiplica l'error relatiu per 100 per tenir-lo en %.

$$\epsilon_r = (\epsilon_a / \bar{X}) \cdot 100 \quad (\text{Eq. 4.3})$$

POSICIÓ 1

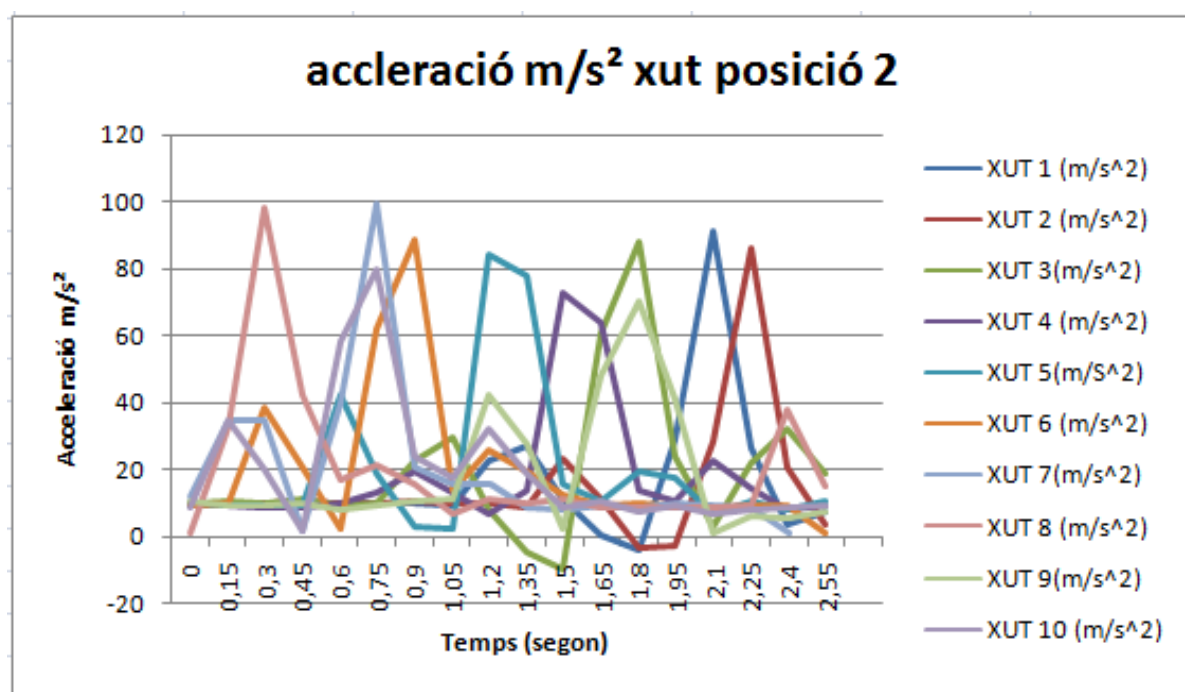
Figura 4.F Gràfic acceleració m/s^2 xut posició 1 (Font: Elaboració pròpia)

XUT	Error absolut ϵ_a	Error relatiu (%) ϵ_r
XUT 1	10,64	26,16
XUT 2	3,42	8,43
XUT 3	6,27	15,42
XUT 4	1,58	3,90
XUT 5	5,23	12,85
XUT 6	8,32	20,44
XUT 7	1,43	3,52
XUT 8	2,52	6,20

XUT 9	1,045	2,57
XUT 10	8,33	20,48
DESVIACIÓ ESTÀNDARD (std(ay))		6,17
ERROR ESTÀNDARD S.E. $std(ay)/\sqrt{10}$		1,95
MEDIANA \tilde{ay} (m/s²)		41,92
MITJANA ARITMÈTICA \bar{ay} (m/s²)		40,68

Taula 4.A Taula resum de l'estudi en la posició 1

POSICIÓ 2

Figura 4.G Gràfic acceleració m/s² xut posició 2(Font: Elaboració pròpia)

XUT	Error absolut ϵ_a	Error relatiu (%) ϵ_r
XUT 1	8,02	14,11
XUT 2	10,80	19,00
XUT 3	3,41	6,01
XUT 4	3,67	6,47
XUT 5	11,38	20,01
XUT 6	6,09	10,73
XUT 7	1,16	2,04

XUT 8	2,69	4,71
XUT 9	3,01	5,45
XUT 10	0,87	1,54
DESVIACIÓ ESTÀNDARD (std(ay))	6,60	
ERROR ESTÀNDARD S.E. $std(ay)/\sqrt{10}$	2,09	
MEDIANA \tilde{ay} (m/s²)	57,89	
MITJANA ARITMÈTICA \overline{ay} (m/s²)	56,86	

Taula 4.B Taula resum de l'estudi en la posició 2

POSICIÓ 3

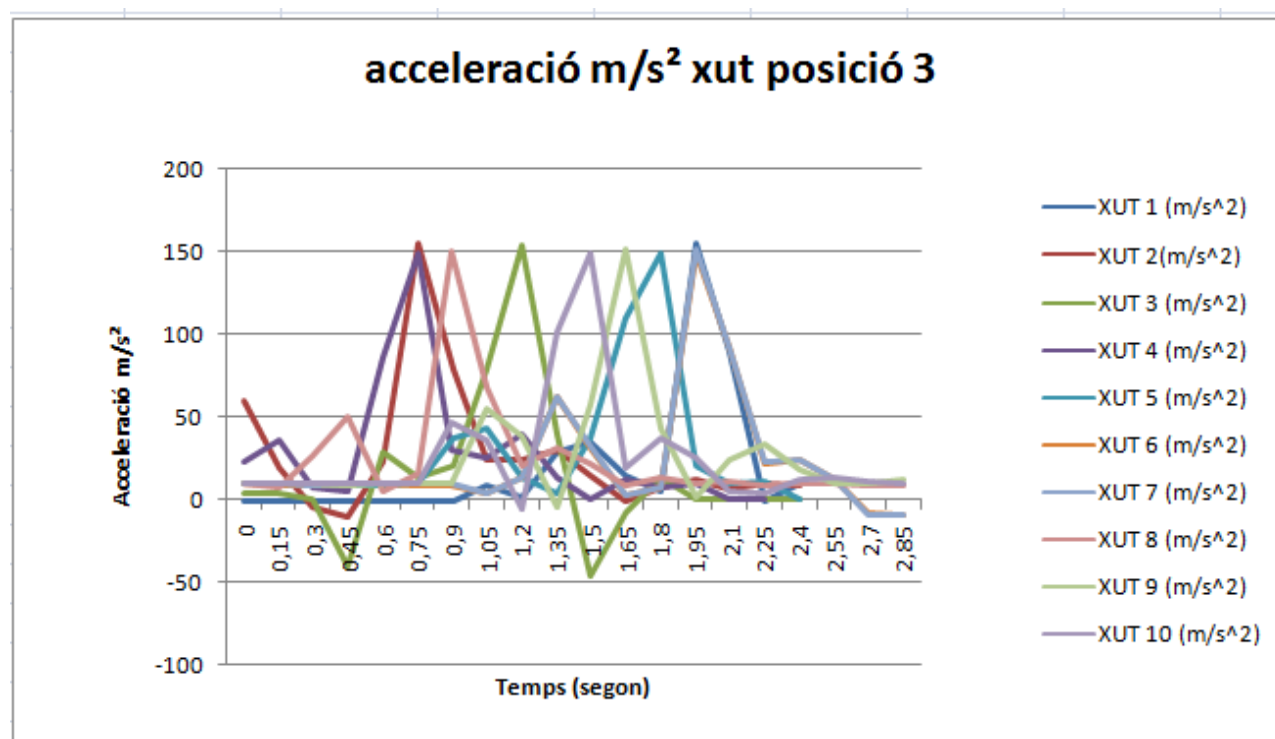


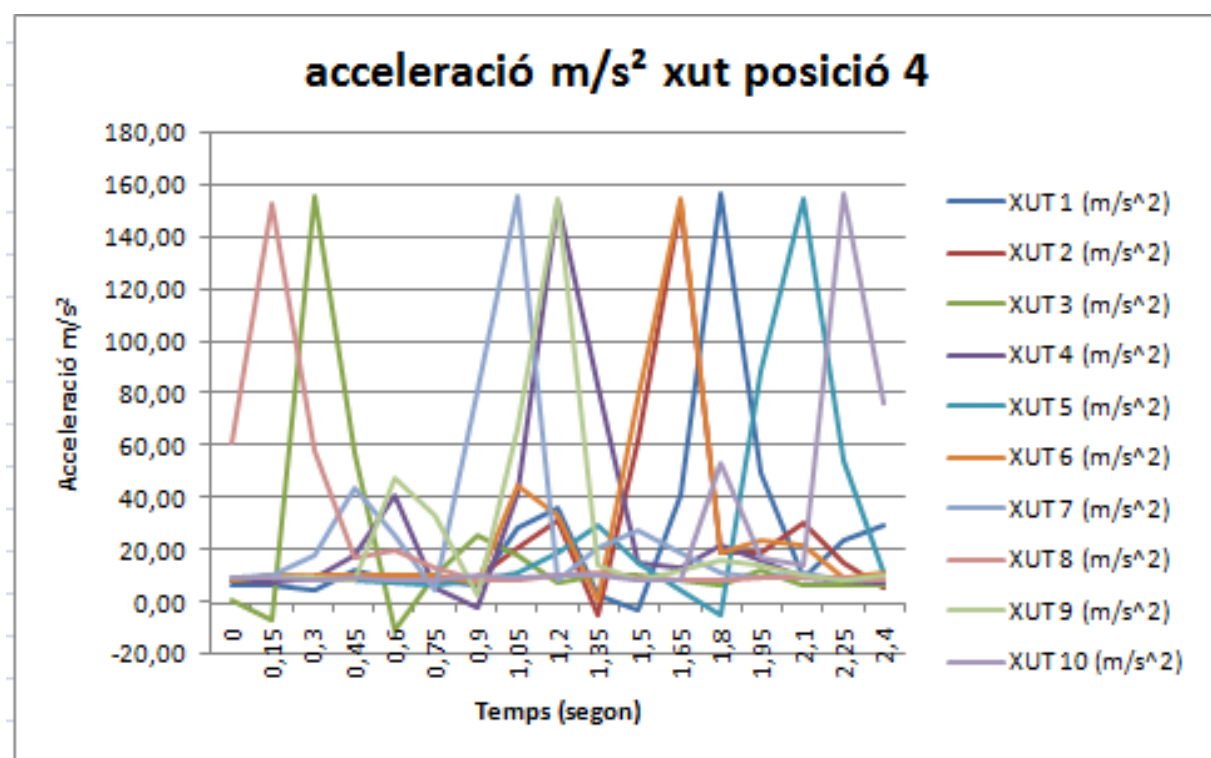
Figura 4.H Gràfic acceleració m/s² xut posició 3 (Font: Elaboració pròpia)

XUT	Error absolut ϵ_a	Error relatiu (%) ϵ_r
XUT 1	2,07	2,16
XUT 2	1,97	2,06
XUT 3	4,68	4,91
XUT 4	3,74	3,93
XUT 5	5,54	5,81
XUT 6	5,61	5,88

XUT 7	6,21	6,52
XUT 8	5,57	5,85
XUT 9	7,01	7,58
XUT 10	3,73	3,91
DESVIACIÓ ESTÀNDARD (std(ay))		5,15
ERROR ESTÀNDARD S.E. $std(ay)/\sqrt{10}$		1,62
MEDIANA \widetilde{ay} (m/s ²)		92,27
MITJANA ARITMÈTICA \overline{ay} (m/s ²)		95,31

Taula 4.C Taula resum de l'estudi en la posició 3

POSICIÓ 4

Figura 4.1 Gràfic acceleració m/s² xut posició 4 (Font: Elaboració pròpia)

XUT	Error absolut ϵ_a	Error relatiu (%) ϵ_r
XUT 1	6,14	6,88
XUT 2	6,83	7,66
XUT 3	12,15	13,63
XUT 4	3,76	4,22
XUT 5	10,70	12,01
XUT 6	3,14	3,53
XUT 7	4,49	5,03

XUT 8	1,69	1,90
XUT 9	0,77	0,87
XUT 10	6,55	7,35
DESVIACIÓ ESTÀNDARD (std(ay))	8,28	
ERROR ESTÀNDARD S.E. $std(ay)/\sqrt{10}$	2,61	
MEDIANA \tilde{ay} (m/s²)	91,54	
MITJANA ARITMÈTICA \overline{ay} (m/s²)	89,12	

Taula 4.D Taula resum de l'estudi en la posició 4

RESUM DE L'ESTUDI

POSICIÓ	std(ay)	S.E.	\widetilde{ay}	\overline{ay}	ϵ_r MÀX.	ϵ_r MIN.
POSICIÓ 1	6,17	1,95	41,92	40,68	26,16	3,52
POSICIÓ 2	6,60	2,09	57,89	56,86	19,00	1,54
POSICIÓ 3	5,15	1,62	92,27	95,31	7,58	2,06
POSICIÓ 4	8,28	2,61	91,54	89,12	13,63	0,87

Taula 4.E Taula resum dels 10 xuts en les 4 posicions**DESVIACIÓ ESTÀNDAR**

Els valors de les desviacions estàndard, en les posicions 1, 2 i 3 no disten gaire un respecte als altres. La desviació estàndard en la posició 1 és de 6,17. En la posició 2 es té una desviació de 6,60. Finalment en la posició 3 es calcula 5,15. La desviació estàndard de la posició 3 és més gran que en les altres posicions, aquest valor és de 8.28.

ERROR ESTÀNDAR

El comportament dels errors estàndard és pràcticament igual al de la desviació estàndard, on en la posició 3 trobem el S.E. de més baix valor, exactament és 1,62.

MEDIANA

En el valor de les medianes es veu reflectit la tendència central que segueixen les dades mesurades en les quatre posicions estudiades. La mediana dels deu primers xuts, col·locant l'acceleròmetre en la posició 1 és de 41,92 m/s². En la posició 2 es troba una mediana més alta que el que té en la posició 1. La mediana en la posició 2 és de 57,89 m/s².

En les posicions 3 i 4 es calculen medianes molt properes. Respectivament es calcula 92,27 i 91,54 m/s². En aquestes dues posicions es poden observar que les mostres segueixen un comportament força igual.

MITJANA ARITMÈTICA

El valor de les mitjanes és el que ens reflecteix juntament amb la mediana, el valor de l'acceleració. S'observa que en les posicions 1 i 2, les mitjanes disten molt dels xuts quan es col·loca l'acceleròmetre en les posicions 3 i 4.

Observant els valors de mitjanes aritmètiques calculats, es pot dir que col·locant l'acceleròmetre en la posició 1 i en la posició 2 no pateix gaire moviment alhora que el jugador es disposa a realitzar el llançament. Pel que fa a la posició 1 la mitjana d'acceleració de l'estic per aquella zona és menys de la meitat de la mitjana aritmètica si es col·loca a la posició 3 o 4. En la posició 2, el dispositiu ja mesura més acceleració, però la mitjana de l'acceleració segueix estant molt lluny dels valors que l'acceleròmetre mesura en la posició 3 i 4.

El dispositiu, posicionant-lo en la posició 3, és a on mesura més acceleració amb una mitjana de 95,31 m/s². En la posició 4 trobem una mitjana de 89,12 m/s².

ERROR RELATIU

Un error absolut mai ens indicarà la qualitat de la mesura realitzada, sempre ha d'anar acompanyat del seu respectiu error relatiu. En les posicions 1, 2 i 3 es té errors relatius molt grans. En la posició 1, l'error màxim és 26,15 %, en la posició 2 19,00% i en la posició 3 és 13,63%. Tenint aquests errors relatius tan grans no són uns resultats on es pogués afirmar que ha set un estudi amb una gran qualitat de mesura. Tot i així, en les posicions 1 i 2, al tenir valors d'acceleració tant baixos respecte a les posicions 3 i 4 tampoc ens afecta molt que els errors ens mostrin baixa qualitat de mesura quan col·loquem l'acceleròmetre en aquestes dues posicions. És més, indica que col·locant el dispositiu en aquesta posició no serien uns estudis i anàlisi de qualitat.

Quant es col·loca el dispositiu en les posicions 3 i 4, els màxims valors dels errors relatius ja disminueixen fins a arribar en la posició 3 a 7,58 % i en la posició 4 a 13,63 %. En aquestes dues últimes posicions els seus deu errors relatius, exceptuant el valor màxim, en la posició 3 són molt propers al 2-3% i en la posició 4 al 5-6%.

CONCLUSIONS

Observant els resultats exposats en l'apartat, es pot concloure que en la posició 3, fixant-se en la distribució de valors del xut, seria la posició idònia per col·locar el dispositiu.

En la posició 3 és a on es té menys desviació estàndard i error estàndard, per tant menys dispersió de valors mesurats.

En aquesta posició es troba el valor més petit de l'error relatiu màxim.



Els valors de les medianes i mitjanes ens indiquen que l'acceleròmetre mesura la màxima acceleració quan es col·loca en la posició 3.

Les mitjanes i medianes, però no disten molt entre col·locar l'acceleròmetre en la posició 3 o en la posició 4.

Un cop s'exposen aquests resultats als jugadors als quals se'ls col·locarà el dispositiu, han aconsellat que perquè l'estudi sigui el més real possible, se'ls col·loqui el dispositiu en la posició 3, ja que ells poden desenvolupar els seus xuts i joc, sense patir per malmetre l'acceleròmetre o simplement no tinguin cap restricció pel que fa als seus moviments, que en la posició 4 algunes jugades d'atac no les podrien realitzar perquè el dispositiu topava amb la dura pilota.

Aquests resultats estan en acord amb la qualitat de mesura en la posició 3, per tant, en aquesta posició, es té la mitjana i mediana més alta i els errors relatius, desviació estàndard i error estàndard més baixos. A més es té l'opinió de professionals en el món de l'hoquei que aconsellen col·locar el dispositiu en la posició 3.

Finalment, es decideix col·locar l'acceleròmetre en la posició 3, ja que tots els estudis diuen que és en la posició que l'estic patirà més acceleració i suposarà menys restriccions de moviments en els jugadors a estudiar.

4.2. Disseny

Un cop es té decidida la posició on s'ha de col·locar l'acceleròmetre es pot passar a la fase de disseny d'un estic per la seva correcta i fàcil implementació.


Primer de tot, començant per l'acceleròmetre, el que s'ha escollit i emprat pel treball s'ha d'alimentar amb una font d'alimentació de <40mAh. Aquestes fonts d'alimentació tenen una durada molt inferior al que dura un partit d'hoquei que són 25 minuts per part (la durada del partit són 2 parts). La problemàtica de la duració de la font d'alimentació és una restricció important si es vol implementar un sistema de mesura d'acceleracions en l'hoquei professional i necessites recollir dades al llarg de tot el partit. Aquest problema paral·lelament n'ocasionava un altre. L'acceleròmetre juntament amb la seva pila d'alimentació tenen un volum molt considerable, si es compara amb un estic de hoquei.

Per solucionar aquesta dificultat s'ha fet recerca per si es podia trobar acceleròmetres que satisfessin les necessitats i no ens trobéssim amb els problemes esmentats anteriorment.

Un acceleròmetre que es va trobar interessant, per les seves dimensions i perquè no necessitava una font d'alimentació era l'acceleròmetre de la marca LPR.

A la taula de sota (Taula 4.F) es deixa una taula amb les característiques tècniques d'aquest acceleròmetre.

Component	Acceleròmetre
Model	LPMS-B2
Característiques tècniques	
Marca	LPR
GPS	3D
Intensitat	230mAh → 3.7V
Precisió	Acceleració 0,01g i 0,01 °
Alimentació	3,3V-5 V 400Hz
Dimensions (mm)	39x39x8
Pes	12 g



Taula 4.F Característiques tècniques de l'acceleròmetre LPR

L'únic desavantatge d'aquest acceleròmetre és que a nivell personal no es disposava del pressupost necessari per adquirir-lo. Llegint les característiques d'aquest i del que es va adquirir inicialment, per fer els estudis que es volien realitzar, no variaven gaire i es va decidir continuar l'estudi i anàlisi d'accions d'hoquei amb l'acceleròmetre que s'havia comprat inicialment.

Els estic d'hoquei són instruments que tenen poca durada a nivell professional. Aproximadament cada 60 dies malmeten un estic. Això és una raó per la qual no es pot realitzar un disseny molt elaborat perquè apujaria el cost, i en ser uns instruments amb poca durabilitat no seria rentable.

Un altre factor a tenir en compte és el poc gruix dels estics. Aquest concepte complica molt el disseny d'un estic amb acceleròmetre, ja que el gruix de l'acceleròmetre (8mm) amb comparació amb el gruix d'un estic (25mm) és molt gran. Sí es volgués dipositar tot l'acceleròmetre a dins l'estic, s'hauria de reduir el gruix en una zona com a mínim 9 mm. Aquesta reducció suposaria un problema encara més gran a la durabilitat de l'estic, ja que hi hauria una zona amb canvi de secció i amb poc gruix i suposaria una zona crítica amb moltes fractures.

Els estics d'hoquei estan fets amb fusta importada d'Àfrica i Amèrica del Sud. Principalment aquesta fusta és faig o noguera blanca. Un altre component que forma un estic són les coles adhesives. Finalment tots els estics estan reforçats amb fibres de vidre per augmentar la resistència i la seva durabilitat.

Pel que fa al disseny de l'estic, s'ha agafat les mides d'un estic comercial de l'empresa Azemad i s'ha augmentat el gruix de l'estic en 5mm. D'aquesta manera s'assegura que l'estic és fabricat amb fusta i compleix el punt 3 de la normativa de la FIRS (Federació Internacional Roller Sports) esmentada a continuació. Un cop s'han augmentat aquests 5mm de gruix es realitza una reducció de gruix de 4mm a la posició 3 de l'estic, que és on es col·locarà l'acceleròmetre. Aquesta reducció és de 41x41mm ja que el dispositiu fa 39x39x8mm, d'aquesta manera es deixa 1mm de marge per possibles incidències. En aquesta reducció s'arrodoneixen les cantonades per prevenir possibles talls.

Per complir amb la normativa, i per tant, que l'estic dissenyat sigui reglamentari per poder jugar partits ha de complir les següents normatives explicades al reglament tècnic de la FIRS.

1. El contorn exterior màxim de l'estic ha de ser 115 cm.
2. El contorn exterior mínim de l'estic ha de ser 90 cm.
3. L'estic ha de ser de fusta o de plàstic o qualsevol altre material aprovat per la FIRS-RHTC.
4. No pot tenir cap metall que reforci l'estic.
5. Està autoritzada la col·locació de lligadures adhesives o la fixació amb algun tipus de roba.
6. El pes màxim d'un estic ha de ser inferior a 500gr.
7. La màxima amplitud d'un estic ha de ser 5cm.

L'estic, al partir d'un estic comercial de l'empresa Azemad no porta cap reforç metall, així es compleix el punt 4 de la normativa.



Figura 4.J Fotografia de l'estic amb la seva empunyadura. (Font: Elaboració pròpia)

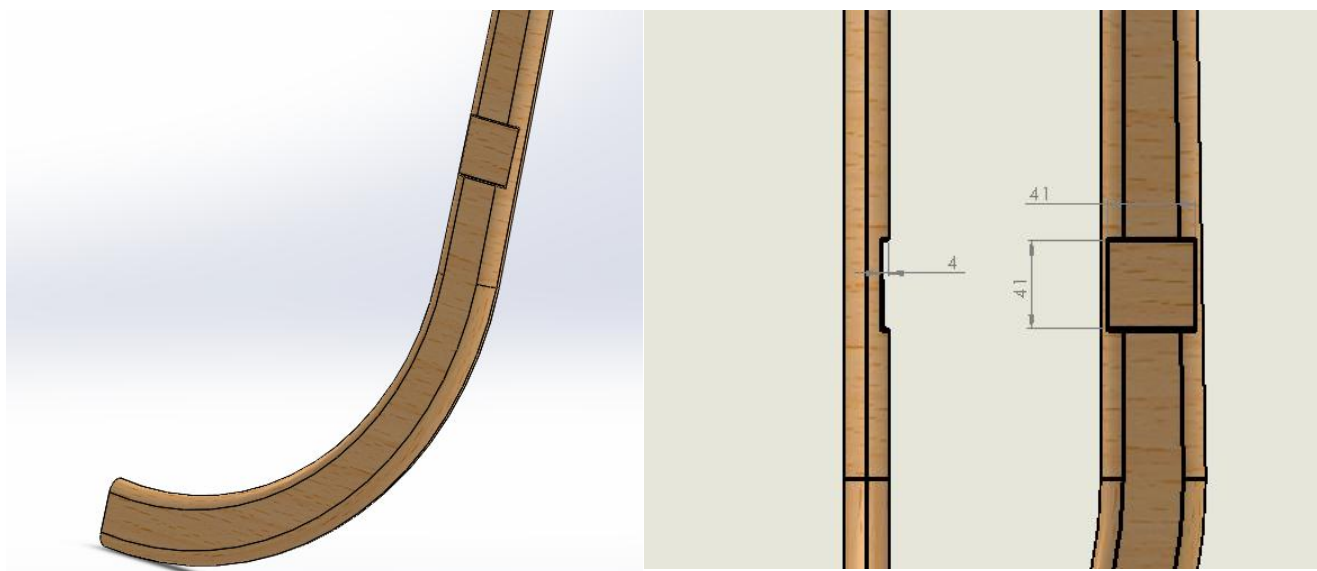


Figura 4.K En aquestes fotografies es pot apreciar la reducció de gruix de 41x41x4 per introduir l'acceleròmetre. (Font: Elaboració pròpia)

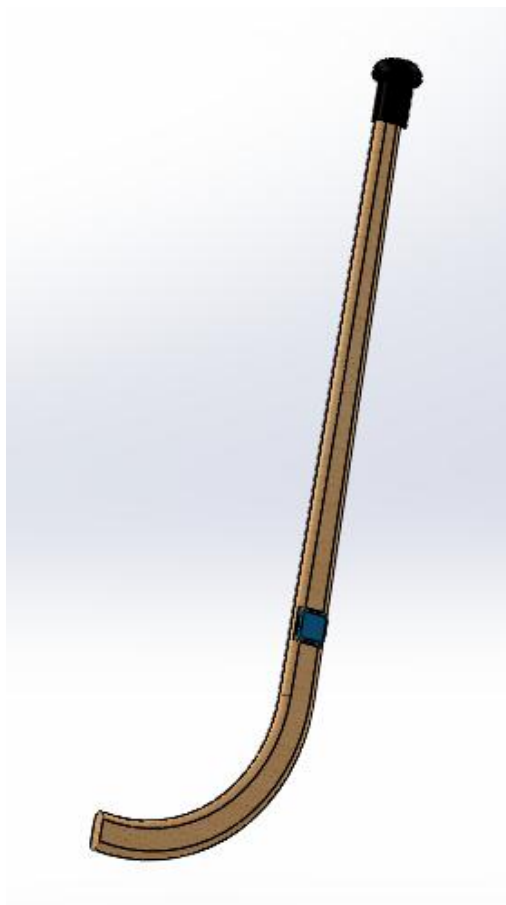


Figura 4.L Vista isomètrica de l'estic amb la seva empenyadura i amb l'acceleròmetre col·locat a la posició 3. (Font: Elaboració pròpia)

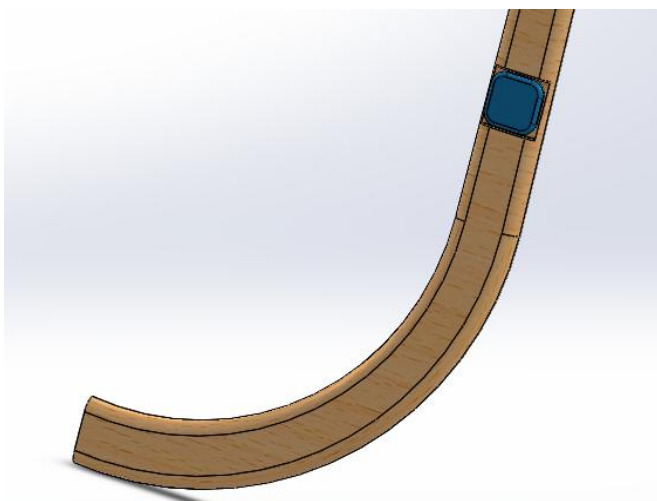


Figura 4.M Fotografia d'una vista detallada de l'acceleròmetre (Font: Elaboració pròpia)

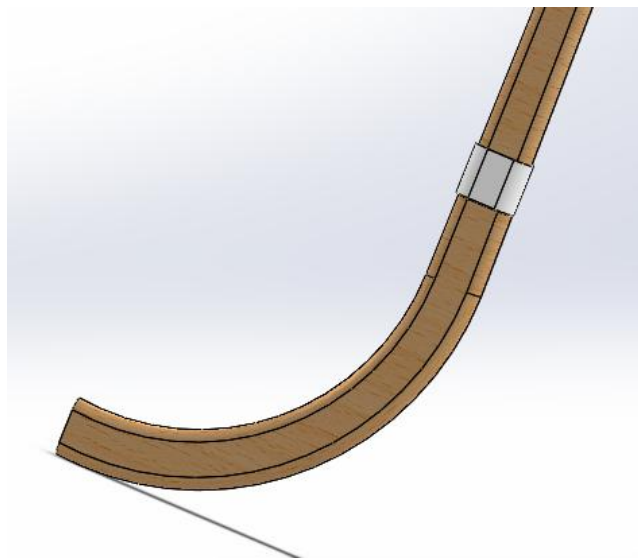


Figura 4.N Fotografia d'una vista detallada de la banda de licra elàstica que subjecta l'acceleròmetre (Font: Elaboració pròpia)

Com es pot visualitzar en les fotografies, l'acceleròmetre sobresurt 4mm de la superfície de l'estic, ja que la reducció que s'ha realitzat és de 4mm i el gruix de l'acceleròmetre és de 8mm. No suposa cap dificultat ni cap problema que el dispositiu sobresurti 4mm. Ara ja només falta un sistema que subjecti l'acceleròmetre al seu lloc.

Aquest sistema que subjecta l'acceleròmetre és una banda tèxtil elàstica amb fixació per una veta adherent que enganxa el tèxtil per pressió Així d'aquesta manera es compleix amb el punt 5 de la normativa. La longitud d'aquesta banda tèxtil no pot ser superior a uns 8cm de llargada, ja que després no quedaria amb la suficient tensió ni pressió i podria ser que l'acceleròmetre no quedés fixat en la seva posició

Les mides també són reglamentaries, d'aquesta manera es compleix els punts 1, punt 2 i punt 7 de la normativa. L'estic dissenyat fa menys de 115cm de llarg i més de 90cm. Finalment també és obligatori que l'estic sigui com a màxim 5cm de gruix.

La FIRS obliga que el pes de l'estic sigui inferior a 500 gr. L'estic que s'ha dissenyat també passa aquesta restricció, per tan es compleix el punt 6 de la normativa.

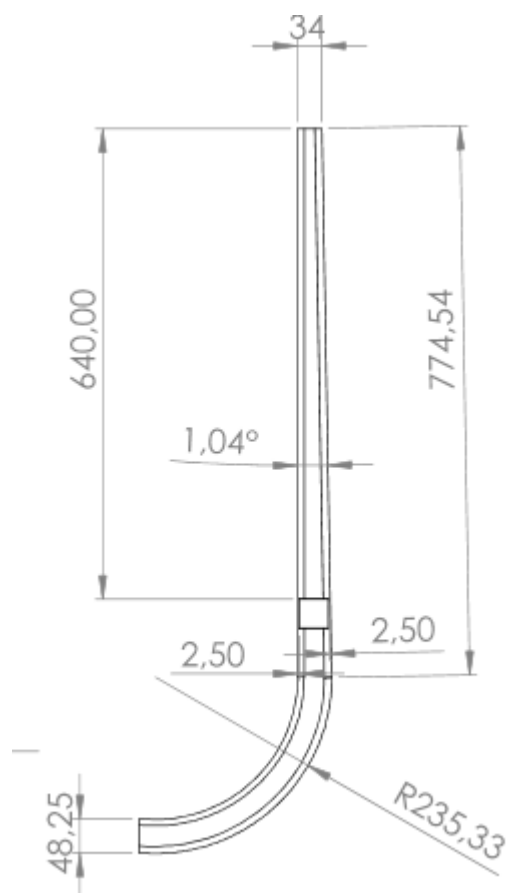


Figura 4.0 En aquesta fotografia es poden observar les mides de l'estic (Font: Elaboració pròpia)

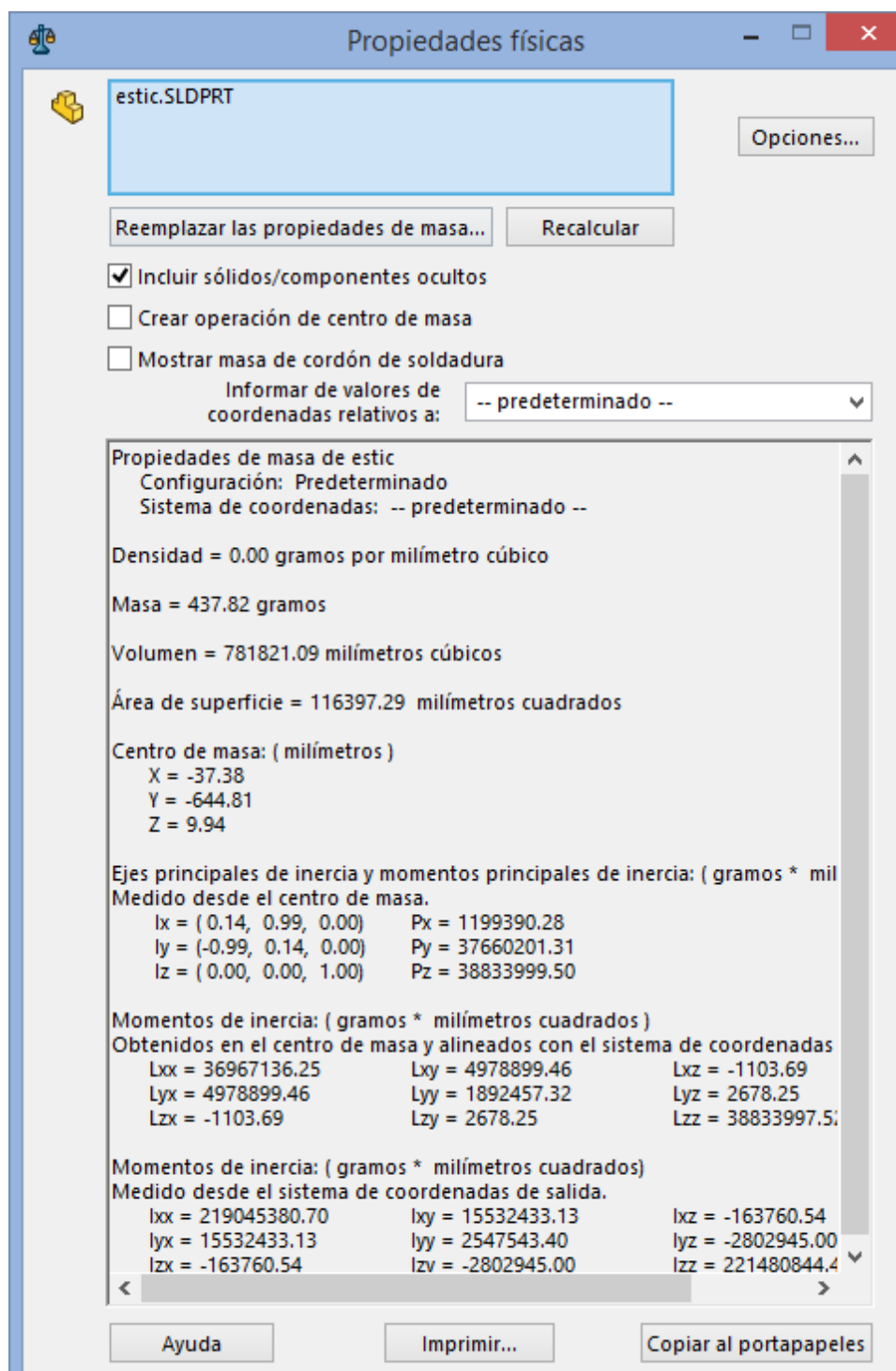


Figura 4.P Fotografia on es pot veure que el pes de l'estic està per sota dels 500 grams màxims (Font: Elaboració pròpia)

Al no tenir una bateria infinita, l'acceleròmetre s'ha d'anar posant i treien de l'estic per carrega'l. Si no, un altre possible sistema seria col·locar el dispositiu a dins l'estic, i comercialitzar estic més dispositiu, tot el conjunt, però aquest sistema apujaria exageradament el preu dels estics.

Per facilitar la implementació del sistema de mesures d'acceleracions, s'ha escrit dos codis MATLAB per calcular les dades que considero més importants a analitzar. Sigui per l'espectador o per un entrenador.

Aquests codis MATLAB es troba'n en l'Annex C . Aquests dos codis és diferencien en el fitxer en què es guarden les dades. Si es guarden en un fitxer .txt has d'usar un codi. Si prefereixes guardar les dades en un fitxer Excel, necessites usar l'altre codi.

Aquest codi ens calcula;

- El quantil (per defecte hi ha 0,95, però es pot canviar en funció del que interressi).
- La mitjana dels valors que estan dins del quantil.
- La derivació estàndard.
- L'error estàndard
- La distància entre el valor màxim i el valor mínim d'acceleració.
- La mediana
- La distribució t-Student.

Aquest codi ens gràfica;

- La gràfica d'acceleració en funció del temps.
- L'histograma.
- La gaussiana.
- L'histograma de la comparació de les dues accions.

Un cop el programa ha calculat i dibuixat tots els gràfics s'ha creat una ruta perquè, els valors calculats els guardi ordenats en un fitxer .txt i els gràfics en .jpg a dins una carpeta creada.

El codi creat per implementar el sistema, calcula i gràfica per a cada eix. És a dir, per una acció MATLAB, ens calcularà, 3 quantils (1 per l'eix X, 1 per l'eix Y i 1 per l'eix Z) i ens dibuixarà 3 gràfics en funció del temps. Un gràfic de l'acceleració de X, un gràfic de l'acceleració de Y i un últim gràfic de l'acceleració de Z.

Anar amb compte, a l'usar el codi, s'ha de canviar la ruta on hi ha els fitxers, ja siguin amb Excel o .txt guardats, ja que la ruta que trobem al codi és la usada per l'elaboració pròpia.

folder='C:\Users\Usuari\Desktop\tfg\dades tfg\';

```
fitxers=dir([folder,filesep,'*.xlsx']);
```

4.3. Implementació usada al llarg del treball

Al no tenir els recursos necessaris per implementar el disseny s'ha decidit copiar el disseny per la implementació amb l'acceleròmetre que ja es tenia comprat i amb els estics comercials dels jugadors a estudiar.

La implementació usada al llarg del treball ha set amb un acceleròmetre alimentat per una bateria. Aquest acceleròmetre alimentat per la bateria estava col·locat a dintre la capseta que ens havia entregat la marca de l'acceleròmetre. Aquesta capseta estava enganxada amb cinta adhesiva per fora l'estic en la posició 3. En la següent fotografia (Fig. 4.Q) es pot veure com s'ha realitzat aquesta implementació i també els eixos utilitzats al llarg del treball.



Figura 4.Q Implementació usada al llarg del treball . (Font: Elaboració pròpia)

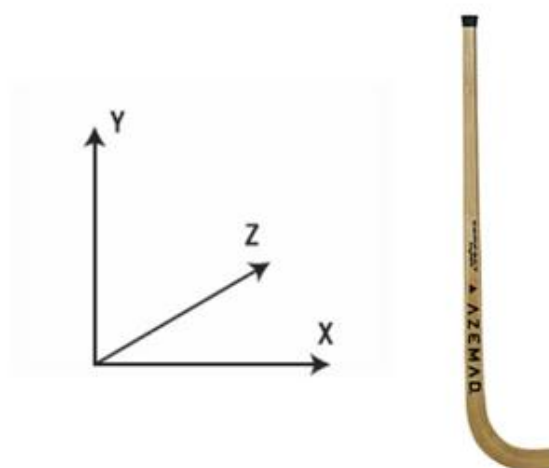


Figura 4.R Eixos usats al llarg del TFG (Font de l'estic: Azemad)

5. Xuts a porteria

En aquest apartat s'ha realitzat un estudi exploratori de xuts en diferents esportistes.

L'objectiu d'aquest estudi és comprovar si en la implementació hi ha diferència pel que fa al xut relacionat amb la categoria que milita l'esportista a estudiar.

5.1. Anàlisi exploratori de xuts en diferents condicions

A priori tothom et dirà que un jugador professional, al fer més hores d'entrenament i més estona de gimnàs mourà més de pressa l'estic i xutarà més fort que un esportista amateur, que en part, és lògic. També sentiràs a dir que un jugador masculí mourà amb més acceleració l'estic quan es disposi a realitzar un llançament a porteria, que una jugadora.

En aquest apartat, s'estudiarà i es donarà resposta aquestes hipòtesis inicials. És molt cert, que tot depèn del jugador d'hoquei a qui li facis l'estudi, perquè sempre hi ha excepcions, i és probable que hi hagi, jugadors sigui professionals o amateurs que mouran diferent l'estic, sigui més lent o amb més rapidesa que els jugadors escollits per desenvolupar l'estudi.

De tots els xuts mesurats dels diferents esportistes, ens centrarem en tres de cada un. A continuació s'ha representat el xut on hi ha l'acceleració màxima en valor absolut.

5.1.1. Xut professional masculí

En aquest apartat s'estudiarà diferents xuts d'un jugador d'hoquei professional. Totes les jugades estudiades d'un jugador professional corresponen a un jugador del Sporting Clube de Portugal. A continuació es deixa les gràfiques d'un dels xuts estudiats i analitzats.

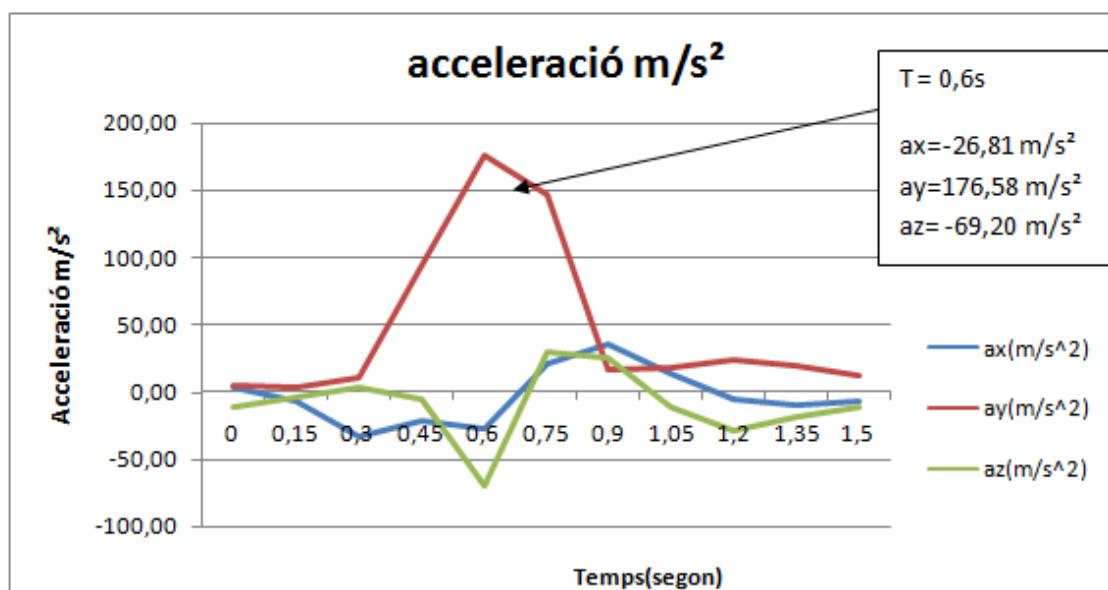


Figura 5.A Gràfic de l'acceleració en m/s² en funció del temps en segons d'un jugador professional. (Font: Elaboració pròpia)

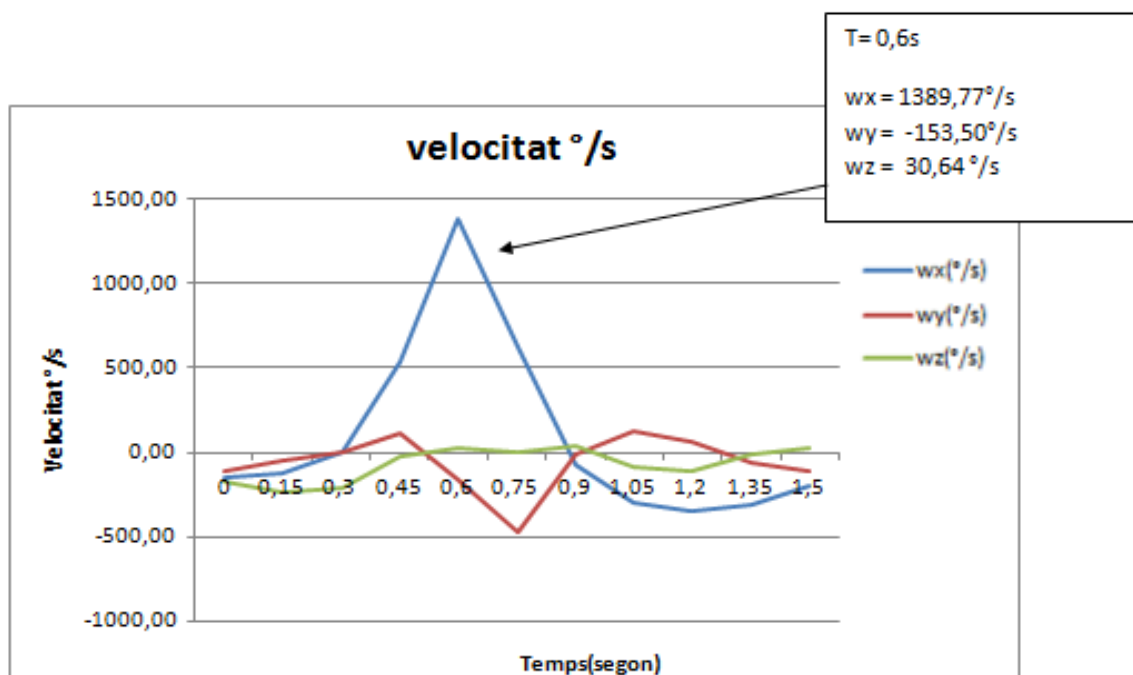


Figura 5.B Gràfic de la velocitat angular en °/s en funció del temps en segons d'un jugador professional. (Font: Elaboració pròpia)

5.1.2. Xut amateur masculí

Pel que fa al moviment de l'estic d'un jugador amateur d'hoquei patins s'ha analitzat diferents xuts, a continuació es deixa un d'exemple. Totes les jugades estudiades d'un jugador amateur, duran el treball corresponen a un jugador que milita el Club Patí Masies, a l'última divisió de l'hoquei Català.

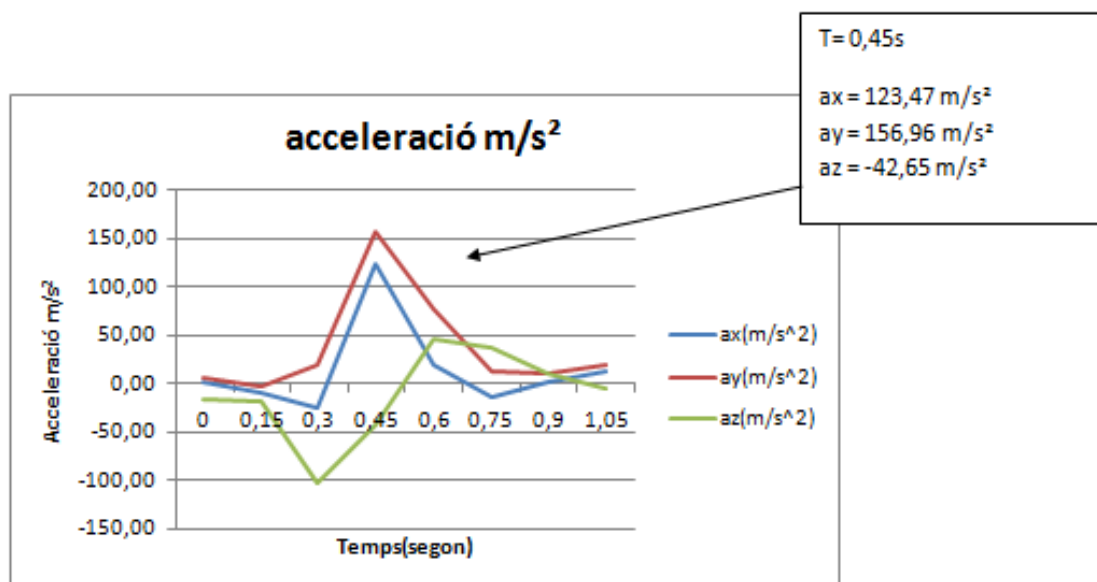


Figura 5.C Gràfic de l'acceleració en m/s² en funció del temps en segons d'un jugador amateur. (Font: Elaboració pròpia)

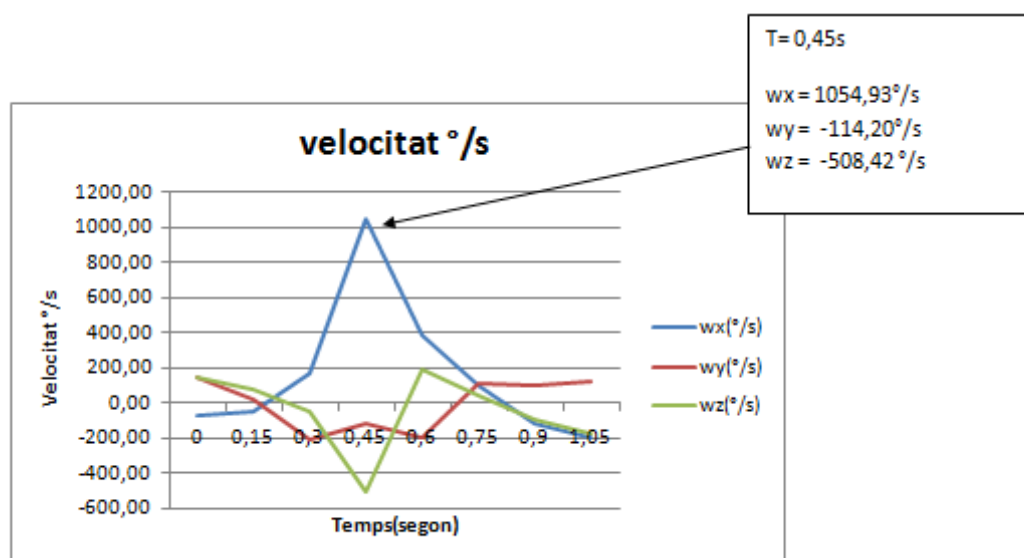


Figura 5.D Gràfic de la velocitat angular en °/s en funció del temps en segons d'un jugador amateur. (Font: Elaboració pròpia)

5.1.3. Xut professional femení

Finalment, en diferents llançaments a porteria, s'ha analitzat i estudiat el moviment de l'estic en un xut femení. La jugadora a la qual s'implementa el sistema és una jugadora del C.P. Voltregà que milita a la màxima divisió en l'hoquei femení, per tan també és un esportista professional. Seguidament es deixa l'exemple d'un dels xuts estudiats.

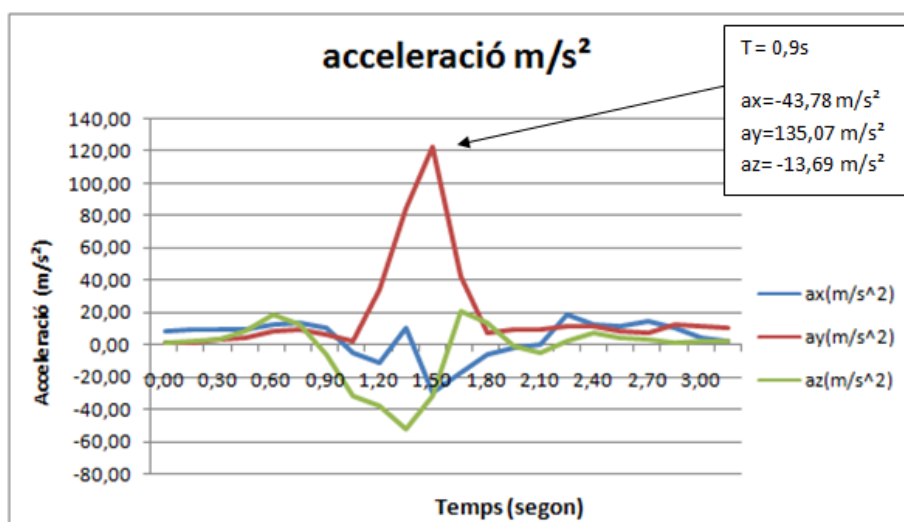


Figura 5.E Gràfic de l'acceleració en m/s² en funció del temps en segons d'una jugadora professional. (Font: Elaboració pròpia)

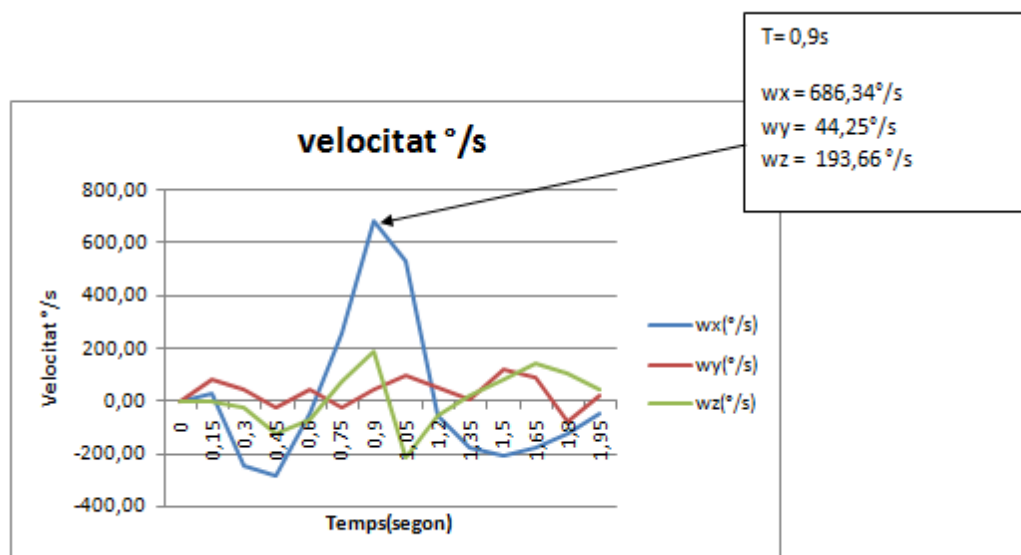


Figura 5.F Gràfic de la velocitat angular en °/s en funció del temps en segons d'un jugador amateur. (Font: Elaboració pròpia)

5.1.4. Anàlisi dels Resultats

Els tres llançaments que estaven representats anteriorment corresponen al xut amb el valor més alt d'acceleració dels tres analitzats.

En l'apartat anterior no interessava calcular el quantil ni la mitjana aritmètica dels valors que estaven per sobre aquest quantil. Ens hem centrat a buscar la component amb el valor màxim d'acceleració.

En tots els tres llançaments, es pot extreure que en la direcció de l'eix Y, és on el jugador fa més força i directament és en la direcció que mou més de pressa l'estic. Si es recorda com eren les coordenades, té sentit, ja que és la direcció en què aixequés l'estic per colpejar la pilota.



Figura 5.G Eixos utilitzats per desenvolupar el treball. (Font: Elaboració pròpia).

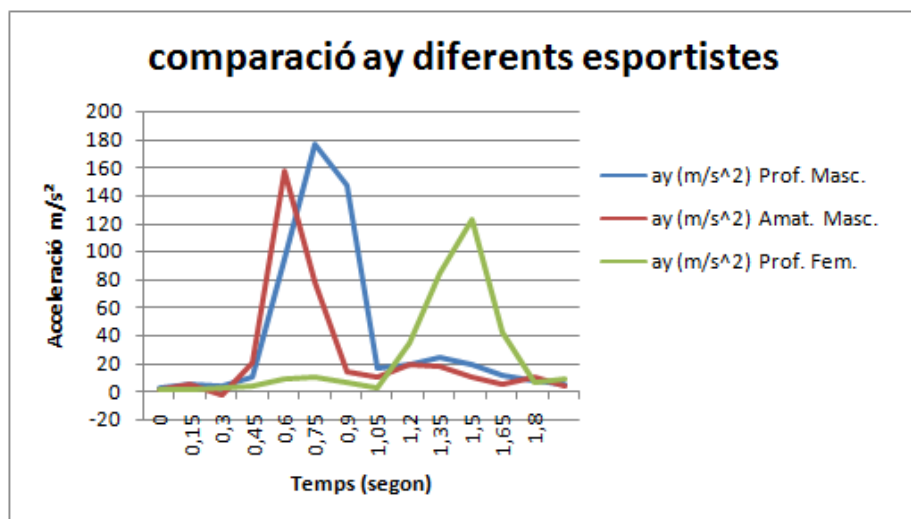


Figura 5.H Comparació en eix Y dels diferents esportistes. (Font: Elaboració pròpia)

Les direccions X i Z, en els esportistes professionals tenen acceleracions molt similars. L'explicació d'aquest resultat, és que el moviment de l'estic a l'hora de realitzar un xut a porteria no té únicament 2 components, no és un moviment recte. Quan el jugador càrrega l'estic abans de xutar, just en la seva posició més alta abans de llençar també té component X, és per això que just abans de tornar a baixar l'estic per colpejar la pilota l'acceleració té una component en aquest eix.

Pel que fa als estudis de la velocitat angular en graus/segon, s'observa que en tots els estudis, en el segon on té més acceleració en m/s^2 en l'eix Y, també es té el moviment màxim en velocitat en $^\circ/s$ en l'eix X.

TAULA RESUM XUTS A PORTERIA			
NIVELL D'ESPORTISTA	PROFESSIONAL MASCULÍ	AMATEUR MASCULÍ	PROFESSIONAL FEMENÍ
Màxima acceleració en m/s^2	176,58(eix Y)	156,96(eix Y)	135,06(eix Y)
Màxima velocitat en $^\circ/s$	1389,77 (eix X)	1054,93(eix X)	686,34 (eix X)

Taula 5.A Resum dels valors màxims en els xuts dels diferents esportistes

Observant els valors màxims de les acceleracions i velocitats angulars s'observa que hi ha diferència entre els diferents nivells de jugadors d'hoquei amb patins.

Inicialment es pot sintetitzar que com podria semblar lògic, el jugador professional masculí és el que mou amb més acceleració tant en m/s^2 com en velocitat angular en $^\circ/s$ l'estic abans de realitzar el xut a porteria. El segueix el jugador masculí amateur. Com s'ha dit a l'inici d'aquest capítol, aquest estudi del xut a porteria, depèn molt del jugador, ja que hi ha amateurs que segurament tindran més força a l'hora de xutar però molta menys precisió de xut a l'hora d' anotar el gol. Aquest estudi no ens hem fixat en cap moment si la pilota entrava o no a la porteria.

Una aproximació del desenllaç del xut, es pot veure reflectit en l'eix X. En l'eix esmentat, es pot veure com els esportistes professionals no realitzen gaire força en aquest eix. En contra, en el gràfic (Fig. 5.C) de l'acceleració del jugador amateur es pot veure que en l'eix X hi realitza una acceleració molt

més gran pel que fa al valor en comparació a les acceleracions de X en els gràfics dels professionals (Fig. 5.A i Fig. 5.E)

La diferència també és notable en els gràfics de velocitat angular (1389,77 °/s a 1054,93 °/s) entre el moviment en graus de l'estic a l'hora de xutar.

Analitzant els resultats s'observa que hi ha una diferència força considerable entre hoquei professional masculí i hoquei professional femení pel que fa al valor d'acceleració màxima. S'observa una diferència d'uns 42 m/s², però on hi ha la diferència considerable, en números, és en la velocitat angular, es pot veure que disten 703,42 °/s, que vol dir que un jugador professional gira amb molt més graus per segon respecte l'eix X que una jugadora.

A continuació es podrà veure com els eixos Y de l'acceleració en m/s² en la distribució de t-Student varien en els diferents esportistes analitzats. Es comprovarà si la t-Student diferencia els diferents nivells d'esportista. Al MATLAB la funció *ttest* treballa amb una significança del 95 %.

En el MATLAB amb la t-Student (*ttest* en MATLAB) ens calcula, la h, la p i la C.I.

- La h en el cas de ser 0 vol dir que les dues mostres no diferencien. En el h=1 les dues mostres si diferencien. El MATLAB ens retorna h=1 quan les mostres diferencien un 5% o més.
- La p-valor indica el % que les mostres diferencien. Si h=0, la p<0,05 i si h=1, la p>0,05. Retorna un escalar de rang [0,1]
- El C.I. és l'interval de confiança per a la mitjana de població, retornat com un vector de dos elements que conté els límits inferior i superior de l'interval de confiança de 100 × (1-Alfa)%.

Professional Masculí vs Amateur Masculí eix Y

- h=0, per tant, la comparació de les mostres d'acceleracions en l'eix Y entre un professional masculí i un amateur masculí segons t-Student no diferencien.
- P-valor = 0,31 .
- C.I. = [-13,76 40,84]

Professional Masculí vs Professional Femení eix Y

- h=0, per tant, la comparació de les mostres d'acceleracions en l'eix Y entre un professional masculí i una professional segons t-Student no diferencien.
- P-valor = 0,46 .
- C.I. = [-26,87 56,42]

Amateur Masculí vs Professional Femení eix Y

- $h=0$, per tant, la comparació de les mostres d'acceleracions en l'eix Y entre un amateur masculí i una professional segons t-Student no diferencien.
- $P\text{-valor} = 0,93$.
- $C.I. = [-32,96 \ 35,43]$

Segons t-Student, tot i tenir valors d'acceleració màxims força distants, ens retorna que la distribució de valors no diferencia respecte els diferents nivells d'esportista analitzats.

La t-Student amb pocs valors de mostra, estima la mitjana de la població de mostres. En el cas dels xuts a porteria, al mesurar el temps que es realitza el xut, es tenen pocs valors. Aquest raonament fa que la mitjana estimada calculada s'aproximi molt, i d'aquesta manera ens torni $h=0$.

El p-valor indica significació estadística a un nivell de confiança del 95% quan el seu valor és inferior a 0.05. El valor del 95% en el MATLAB es pot canviar. Si no el canvies, per defecte agafa un nivell de confiança del 95 %.

Aquest valor, mesura la comparació no- estadísticament significativa. És a dir, és indiferent si p-valor es major o menor, ja que no es considera un valor indicatiu.

De l'interval de confiança calculat, es pot extreure que quan la diferència de valors absoluts màxims és més gran respecte un altre esportista aquest interval de confiança és més gran.

En professional masculí vs professional femení, si s'observa els valors d'acceleració màxims són respectivament 176, 58 i 135,06 m/s^2 , i el C.I. és un interval de $[-26,87 \ 56,42] \rightarrow$ una diferència de 83,29.

En professional masculí vs amateur masculí, si s'observa els valors d'acceleració màxims són respectivament 176,58 i 156,96 m/s^2 , la diferència entre acceleracions màximes ja no dista tant. En aquest cas tenim un C.I. de $[-13,76 \ 40,84] \rightarrow$ una diferència de 54,6.

L'acceleració en moure l'estic en un xut, a part de la tècnica que és més important per encaminar bé la pilota cap a porteria, la força és un altre factor important. Aquesta és la raó per la qual s'observen aquestes diferències entre els xuts de jugadors i jugadores, ja que les jugadores d'hoquei solen tenir menys força que els jugadors.

5.1.5. Estudi de patrons en el xut

És cert que depenen del jugador i la seva tècnica a l'hora de realitzar un xut, variarà el com mou l'estic a l'hora de realitzar un xut. D'aquesta manera un esportista pot tenir més acceleració en l'eix X que un altre. Aquest problema a l'hora de dissenyar un sistema de mesura d'acceleracions no s'hi pot fer res, ja que depèn totalment de la tècnica del jugador. En la implementació d'aquest sistema si que es pot saber la tècnica que té un jugador o jugadora a l'hora de realitzar un llançament a porteria. Analitzant els xuts a porteria pels nivells de jugador o jugadora s'ha arribat a un patró de xut, que es pot relacionar amb la tècnica de xut.

Per buscar aquest patró de xut ens fixem en l'eix Y de l'acceleració en m/s^2 i en els eixos X i Z de la velocitat angular en $^\circ/s$.

S'ha analitzat 10 llançaments de cada esportista, i tots segueixen el mateix patró. A continuació es deixa'n reflectits 3 xuts de cada esportista. En els 9 gràfics que es troba'n a continuació, l'eix vertical de l'esquerra, fa referència a l'acceleració en m/s^2 , i el de la dreta a les velocitats angulars en $^\circ/s$. L'eix horitzontal és el temps en segons. En tots els gràfics, la llegenda és la mateixa. Per optimitzar espai i d'aquesta manera fer el gràfic més gran, només s'ha col·locat la llegenda en un gràfic de cada nivell d'esportista estudiat.

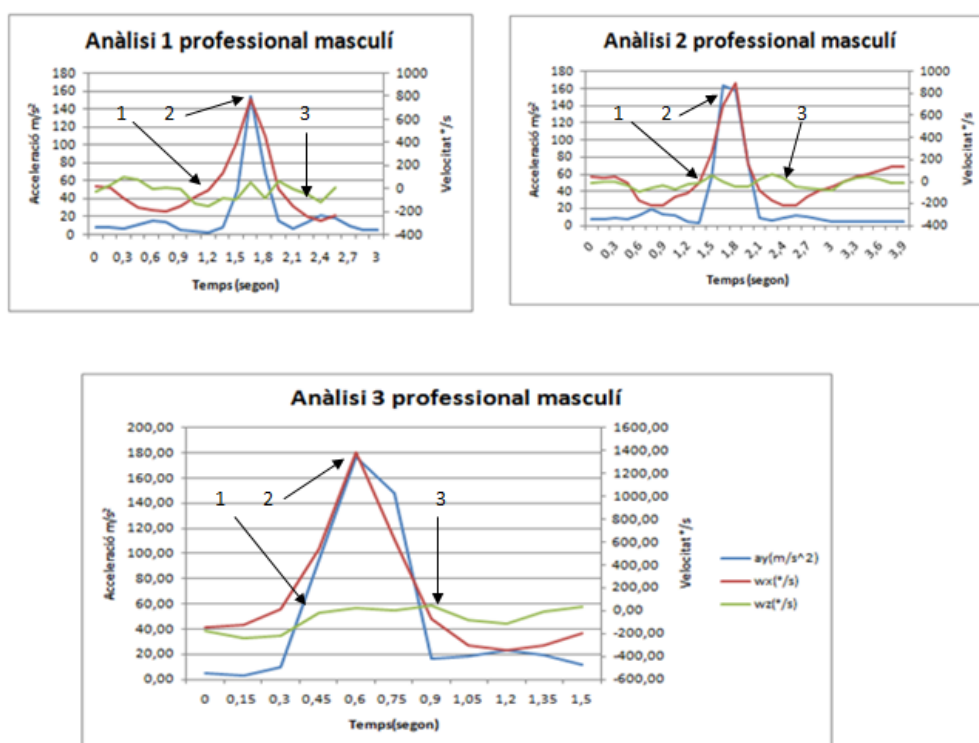


Figura 5.1 Imatge dels tres gràfics d'anàlisi d'un professional masculí (Font: Elaboració pròpia)

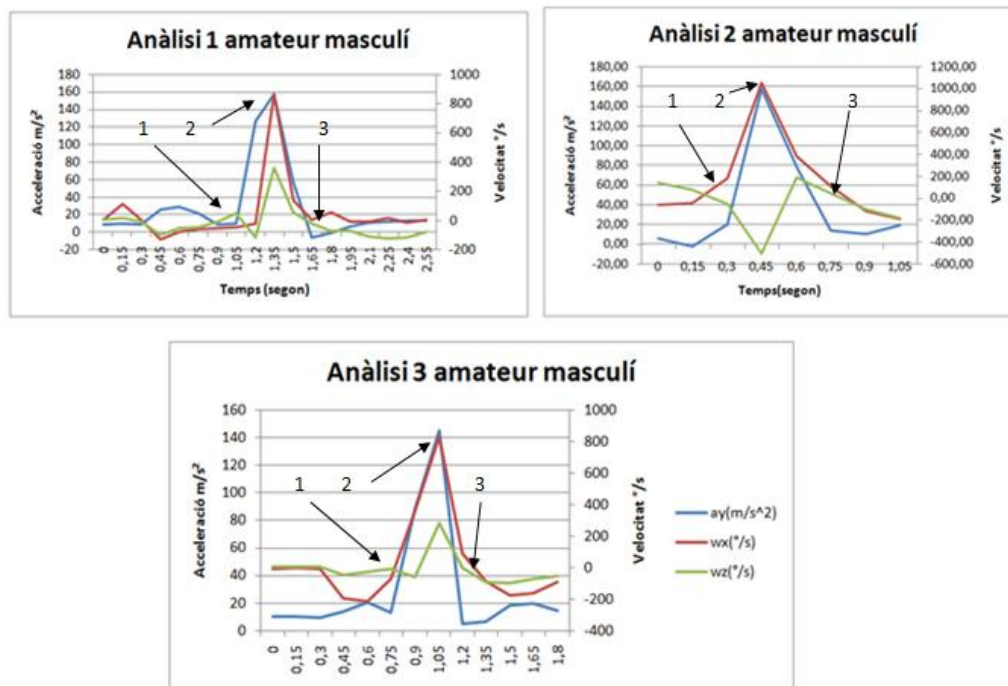


Figura 5.J Imatge dels tres gràfics d'anàlisi d'un amateur masculí (Font: Elaboració pròpia)

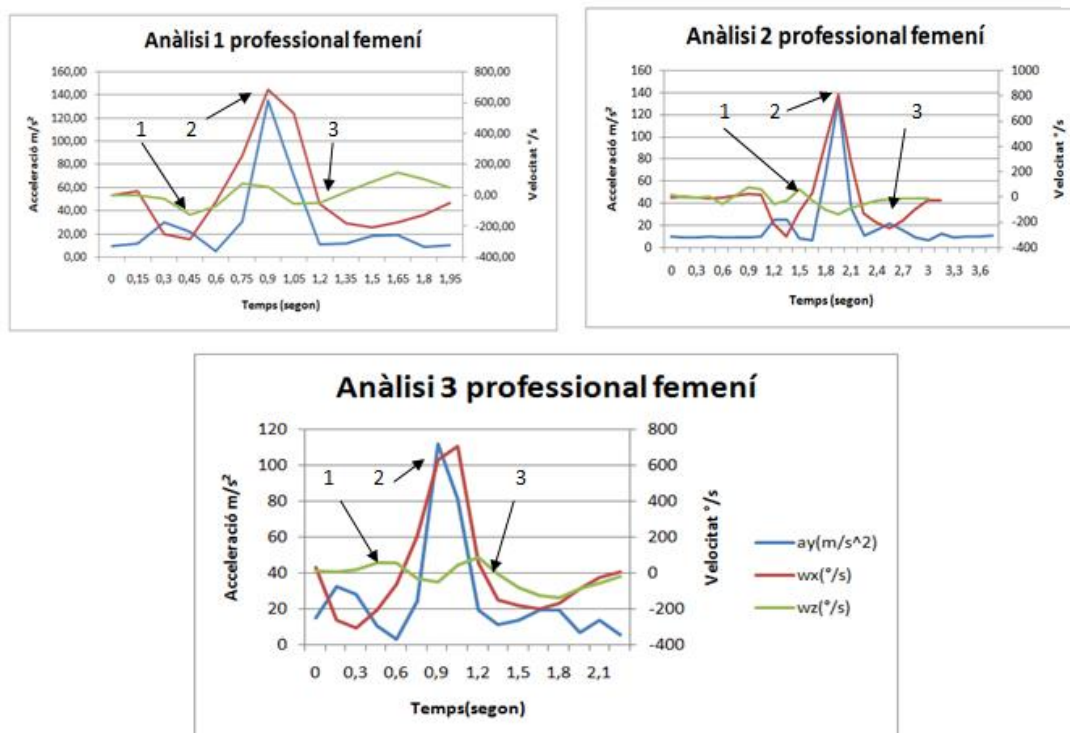


Figura 5.K Imatge dels tres gràfics d'anàlisi d'una professional. (Font: Elaboració pròpia)

En tots els gràfics es pot veure que en el punt 1 és quan el jugador es disposa a carregar l'estic per realitzar el llançament a porteria. És el moment inicial. Es pot observar que en aquest punt l'acceleració en Y és molt petita i que la velocitat angular en l'eix X i Z són menyspreables.

En la següent fotografia (Fig. 5.M) es pot observar els eixos quan el jugador està a punt de xutar la pilota, és a dir en el punt 1 dels gràfics.



Figura 5.M En aquesta imatge podem observar l'estic en el punt 1 del gràfic.(Font: Elaboració pròpia)

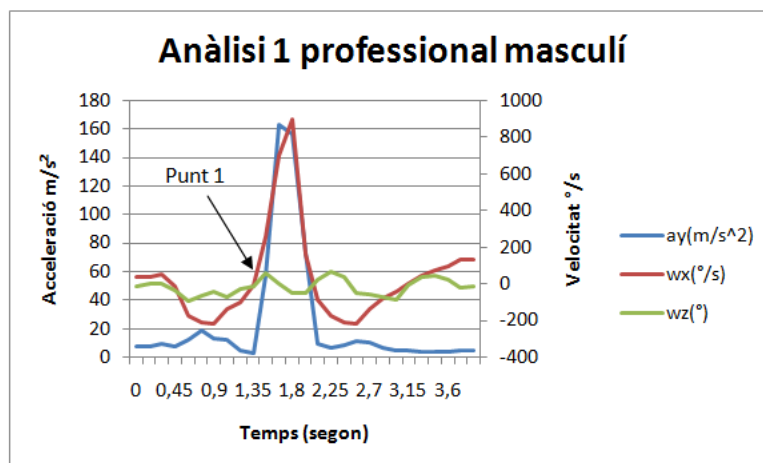


Figura 5.L Gràfic de l'anàlisi 1 d'un professional masculí (Font: Elaboració pròpia)

El punt 2 dels gràfics, es troba quan el jugador té l'estic a dalt de tot, què és just quan ha carregat tot l'estic en la màxima altura en l'eix vertical abans de tornar a baixa'l fins a la superfície on ja la pilota per colpejar-la. En aquest punt en tots els xuts analitzats es troba el valor màxim de l'acceleració en l'eix Y i de la velocitat angular respecte l'eix X. Es pot observar que a mesura que el jugador puja l'estic en l'eix Y per realitzar el xut, simultàniament cada cop mou amb més velocitat angular l'estic respecte l'eix X, fins a arribar al màxim d'altura que també és el màxim de graus que l'acceleròmetre s'inclina respecte a l'eix X.

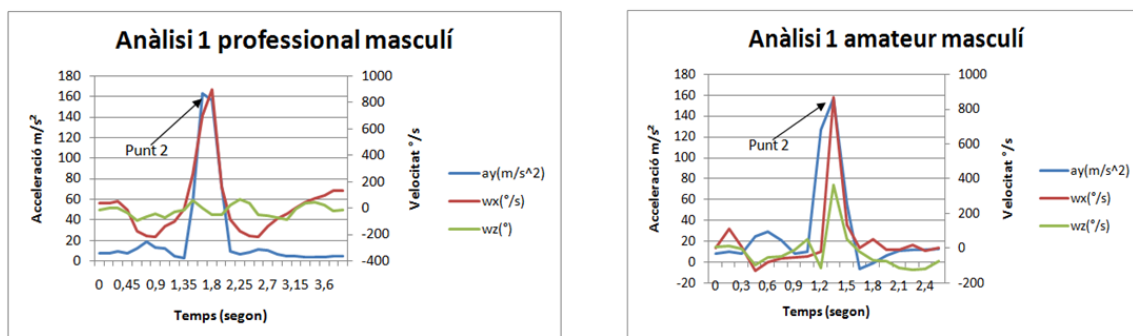


Figura 5.N Imatge comparativa entre un anàlisi d'un professional i un amateur masculí (Font: Elaboració pròpia)

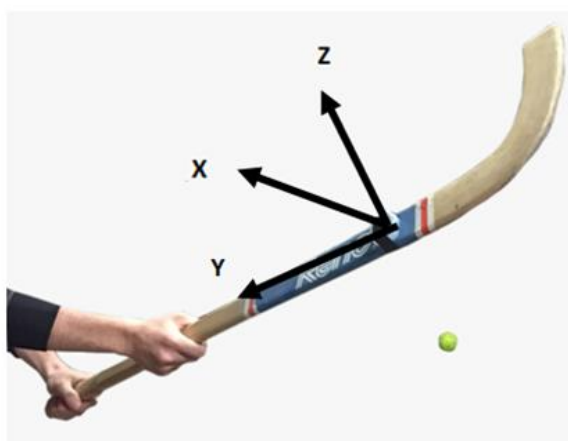


Figura 5.P Imatge de l'estic en el punt 2 dels gràfics (Font: Elaboració pròpia)



Figura 5.O Imatge d'una jugadora amb l'estic a la posició 2 (Font: L'esportiu)

En aquest punt ja es troba'n les primeres discrepàncies entre esportistes professionals i amateurs. Entre el punt 1 i punt 2, com també passa entre el punt 2 i punt 3, els esportistes professionals, la velocitat angular respecte l'eix Z té un comportament força constant i amb valors no molt allunyats del 0. En canvi, en els esportistes amateurs aquest comportament té diversos pics i amb valors que s'allunyen de la paral·lela de l'eix Z.

Finalment, el punt 3, és l'instant en què l'estic colpeja la pilota. Quan això passa es visualitza que l'eix Y té valors molt propers a la gravetat ($9,81 m/s^2$). Que és una cosa coherent, ja que l'estic quan colpegem la pilota està col·locat a la superfície. Per exemple en l'anàlisi 1 del xut professional aquest instant és en $T=2,1$ tenim que $a_x= 9,17 m/s^2$.

Com s'ha esmentat anteriorment, entre el punt 2 i punt 3 existeixen discrepàncies entre esportistes professionals i amateurs. També es pot extreure que en el punt 3, la velocitat angular respecte l'eix X és molt semblant en el punt 1. El punt 1 és l'inici del moviment de l'estic a l'hora del xut i el punt 3 és el final. Un altre patró molt interessant que s'ha pogut extreure en el punt 3, és que al moment exacte en que l'estic colpeja la pilota, com menys velocitat angular respecte l'eix Z mesuri l'acceleròmetre, el xut més ben dirigit anirà. Aquest patró fa referència a la direcció que es desplaçarà la pilota un cop és colpejada. Com més graus respecte Z mesuri l'acceleròmetre, voldrà dir que l'acceleròmetre més graus està inclinat respecte aquest eix i per tant el xut anirà més desviat de l'eix Z (direcció i sentit de la porteria). En tots els gràfics es pot extreure que aquesta velocitat angular en valor absolut és pràcticament 0. En el gràfic anàlisi 1 professional masculí és 23,32 °/s i en el gràfic anàlisi 1 amateur masculí és 21,73 °/s.

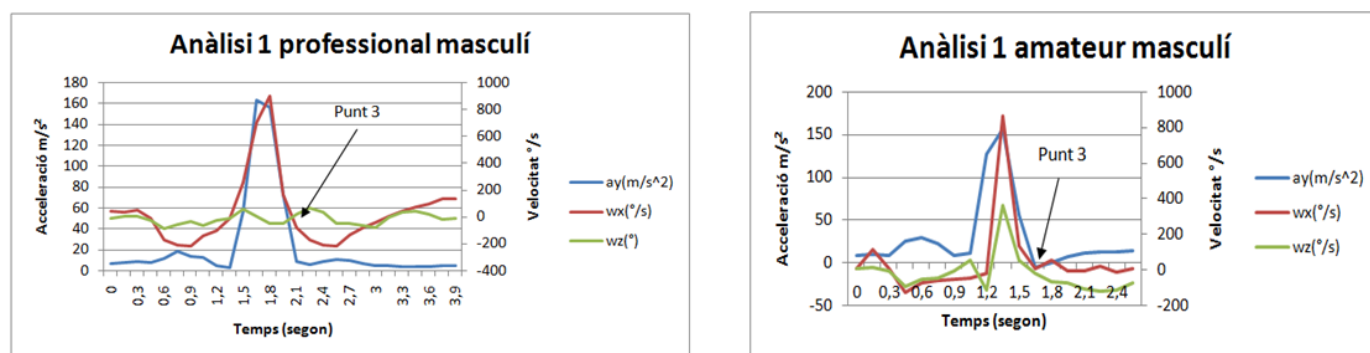


Figura 5.Q Comparació de l'anàlisi 1 entre un professional i un amateur masculí (Font: Elaboració pròpia)

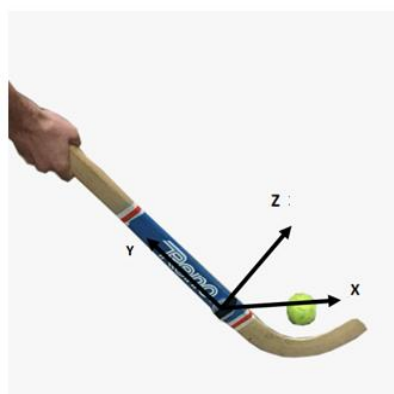


Figura 5.R Imatge de l'estic en la posició 3 (Font: Elaboració pròpia)

Conclusions dels xuts estudiats

L'eix Y, és l'altura en què mouen l'estic. Hi ha jugadors que prefereixen aixecar amb molta altura l'estic abans de realitzar un xut a porteria i n'hi ha que no tant. Aquest moviment de xut només aporta més o menys acceleració en aquest eix.

El que si es pot concloure és que depenen de la tècnica de xut que tinguin, l'eix Y sempre serà l'eix que l'acceleròmetre mesurarà més acceleració.

Pel que fa als estudis de velocitat en graus/segon, s'observa que en tots els estudis, en el segon on es té més acceleració en m/s^2 en l'eix Y, també es té el moviment màxim de velocitat en $^\circ/s$ respecte a l'eix X.

L'explicació d'aquest fet és que en la Fig. 5.P quan hi ha l'estic a la màxima altura en Y, la part de l'estic on hi ha l'acceleròmetre es troba en el punt de màxima inclinació respecte a l'eix X. El punt 2, com s'ha dit abans, és el punt de màxima inclinació de l'acceleròmetre, i aquest punt coincideix a l'instant que el jugador mou amb més velocitat angular l'estic.

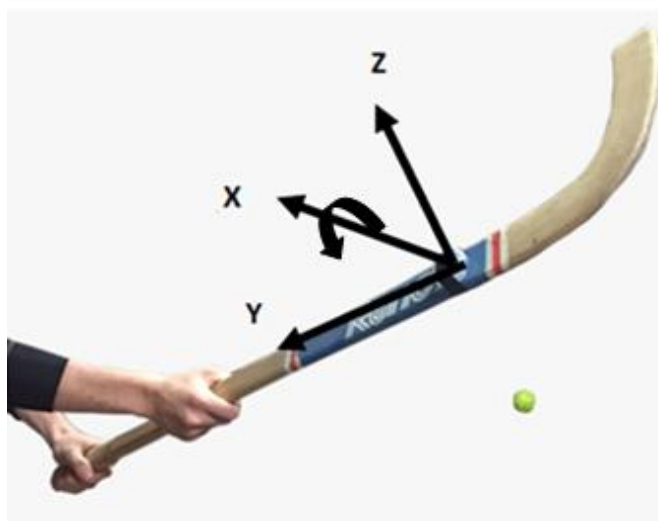


Figura 5.S Imatge on es pot veure com l'acceleròmetre s'inclina respecte l'eix Z (Font: Elaboració pròpia)

Per explicar les discrepàncies entre els punts 1 i 2 i entre els punts 2 i 3 en els diferents nivells d'esportistes és la tècnica. Un jugador o jugadora professional, quasi sempre tindrà més tècnica que un amateur.

Com es pot observar en les diferents figures, l'eix Z és l'eix que té direcció i sentit cap a porteria.

Un xut sempre anirà amb menys desviació quan tingui el valor més baix d'inclinació en graus respecte a l'eix Z.

En l'hoquei amateur, que a l'haver passat menys hores entrenant, i en tenir menys tècnica podrien ser conceptes que poden ser desconeguts en ells i que per tant no poden corregir. En els gràfics d'anàlisi dels jugadors amateurs es pot veure com no cuiden aquest concepte i es troben valors d'inclinació de l'estic alts respecte a l'eix Z i moviments no continus ni constant, ans tot el contrari dels professionals, veiem reflectit un moviment amb molts pics.

Per explicar aquest concepte es posa l'exemple del golf. El llançament de golf, al ser totalment recte en tota la trajectòria de moviment del pal, no tindria aquesta velocitat angular en l'eix Z.

En aquest estudi de patrons, s'ha decidit centrar-lo en l'acceleració en Y i de la velocitat angular respecte els eixos X i Z. El comportament explicat anteriorment, si ens fixem en els gràfics de les acceleracions, es pot observar que en l'eix X passa el mateix que amb la velocitat angular respecte a l'eix Z. Al accelerar més l'estic en l'eix X, és sinònim de tenir menys tècnica de xut.

Professional Masculí

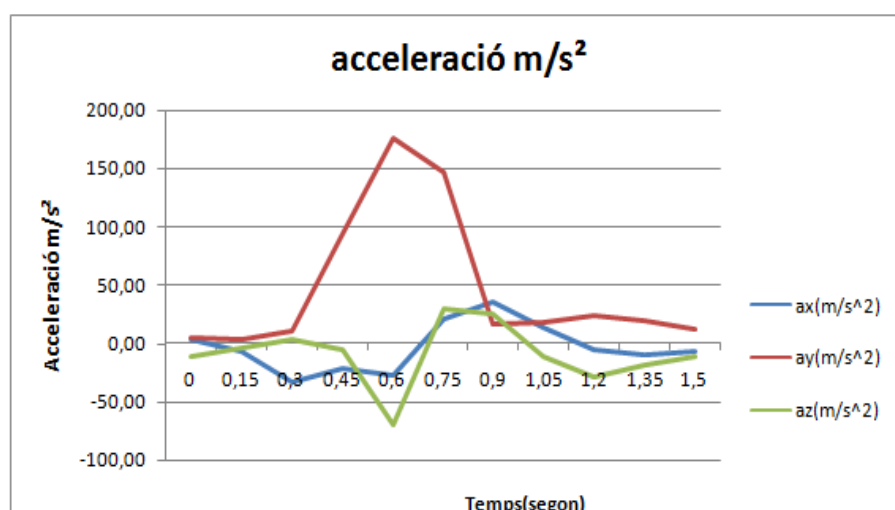


Figura 5.T Gràfic acceleracions d'un professional masculí (Font: Elaboració pròpia)

Amateur Masculí

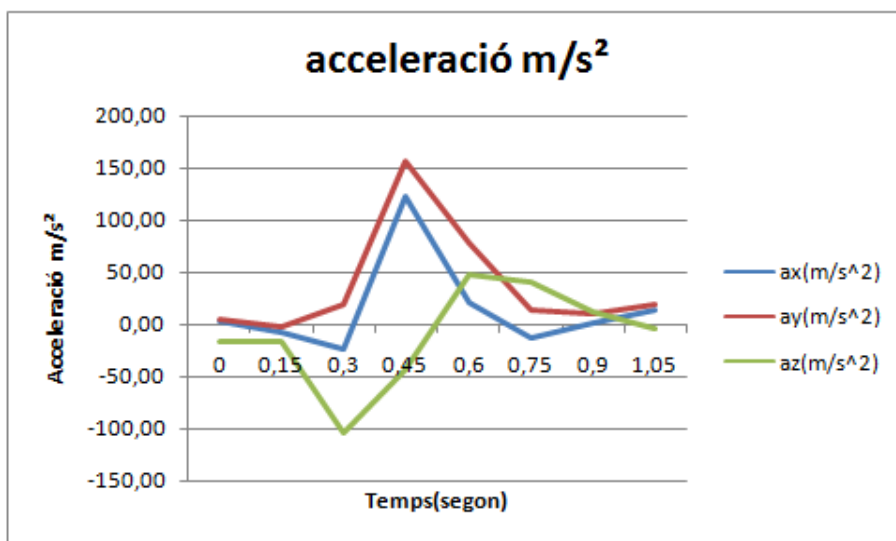


Figura 5.U Gràfic acceleracions d'un amateur masculí (Font: Elaboració pròpia)

En aquestes dues gràfiques, es pot corroborar l'explicació sobre la relació entre la tècnica i el moviment de l'estic respecte l'eix X.

6. Accions de joc

L'hoquei es caracteritza per ser un esport molt atractiu de visualitzar, on no hi ha conservacions llargues que paren el joc, sinó al contrari, hi ha atacs molt ràpids. L'hoquei és un esport on no hi ha una gran defensa, sempre es veuen molts gols. Com a tot esport sempre hi ha excepcions, i també et pots trobar un partit on no freqüentin tant els atacs.

Inicialment es partia amb la hipòtesi com espectador d'aquest esport que quan el jugador atacava movia molt més l'estic que el jugador que defensava. Una de les raons podria ser que el jugador que ataca realitza moviments amb l'estic per buscar una acció per distreure el defensor i aconseguir l'objectiu que és fer gol. En canvi, des de fora la pista es pot observar que en defensa un jugador defensa més movent-se tot ell que no pas fent molts moviments amb l'estic.

Amb la implementació de l'acceleròmetre i l'estudi d'acceleracions en les diferents accions de joc es podrà donar resposta aquesta hipòtesi.

En un partit hi ha accions atacants i defensives de mil maneres diferents. Com està explicat en el Plec de Condicions, s'ha de dissenyar la mateixa situació d'atac i defensiva per a tots els estudis a realitzar. S'ha intentat buscar una situació el màxim real possible i que en els partits és dues a terme moltes vegades.

La situació creada és la següent.

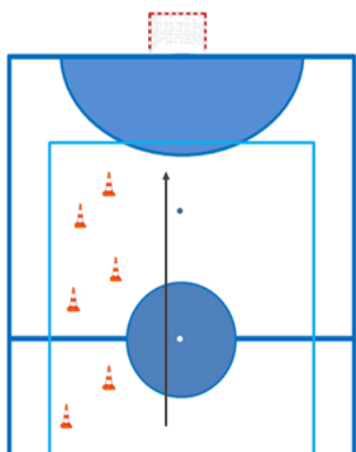


Figura 6.A Jugada dissenyada (Font: Elaboració pròpia)

Aquesta situació es tracta que el jugador que ataca, patina per darrere de tots els conus, mentre que el jugador a defensar té l'objectiu d'intentar prendre-li la pilota abans que l'atacant arribi a la porteria. Per tant, a cada situació hi haurà dos jugadors, un que ataca i l'altre que defensa.

Abans d'iniciar la jugada, s'ha d'explicar als jugadors ha fer l'estudi la tasca que han de realitzar i l'objectiu que es persegueix en l'acció a estudiar.

En la mesura de les accions atacants, si el defensa pren la pilota, s'invalidava l'acció. Només interessaven les accions d'atac en les que el jugador que atacava, finalitzava el circuit dissenyat sense que el defensor li prengués la pilota.

Per tant les accions no anaven cronometrades i finalitzava l'estudi un cop el jugador a estudiar finalitzava el circuit amb possessió de la pilota.

En les accions defensives, en canvi canviava el format de mesura d'acceleracions. Les accions anaven cronometrades fins a arribar als 8,4 segons. Una acció defensiva era vàlida sempre que el defensor no li robava la pilota a l'atacant durant el transcurs de l'estudi.

6.1. Acció atacant

6.1.1. Atac professional masculí

A continuació es deixa representat l'exemple d'una jugada estudiada d'un jugador professional.

Gràfica acceleració en funció del temps en segons (Fig. 6.B)

Quan el jugador a estudiar ataca genera molts moviments ràpids en totes les direccions per tal d'intentar desfer-se del defensor per poder aconseguir l'objectiu. Es pot observar que atacant, al moure l'estic en les tres direccions, en l'eix Z, és on té més acceleració. El màxim en m/s^2 es troba en l'eix Z, al segon 0,9 amb un valor de 50,90 m/s^2 .

Gràfic de la velocitat angular en funció del temps en segons (Fig. 6.C)

En aquest gràfic es pot observar el mateix comportament que en el gràfic anterior, com que es mou l'estic en les tres direccions, a la gràfica ens surt moviment de graus respecte els tres eixos. D'aquesta manera el màxim en valor absolut en $^\circ/s$ que es mou l'estic es troba respecte a l'eix Z en el segon 0,9 amb un valor de 562,44 $^\circ/s$.

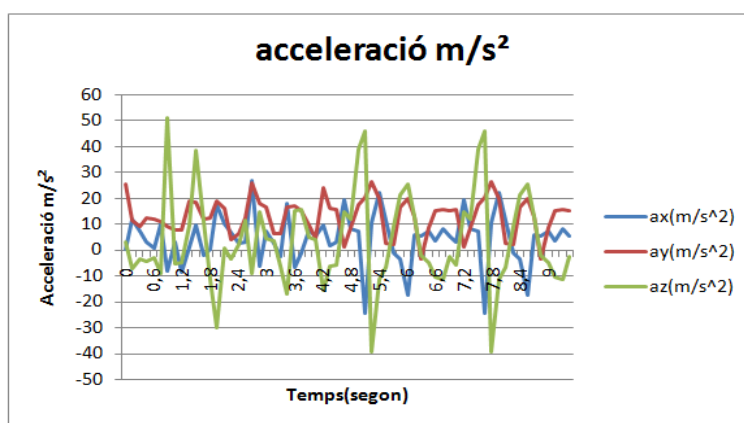


Figura 6.B Gràfic de l' acceleració en m/s^2 en funció del temps (segons) d'un atac d'un jugador professional. (Font: Elaboració pròpia)

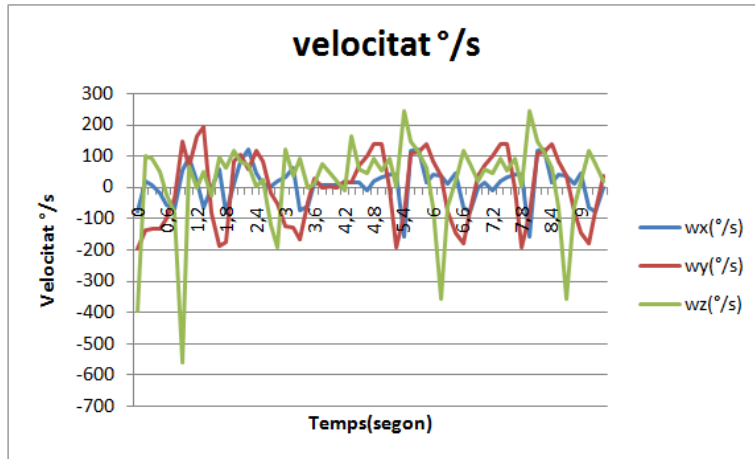


Figura 6.C Gràfic de al velocitat angular $^{\circ}/s$ en funció del temps (segons) d'un atac d'un jugador professional. (Font: Elaboració pròpia)

6.1.2. Atac masculí amateur

En els següents gràfics es pot observar un atac d'un jugador amateur masculí.

Gràfica acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons (Fig. 6.D)

S'observa que atacant, en moure l'estic en les tres direccions, es té acceleracions en els tres eixos.

En l'eix Z és el que pateix més moviments per tant, és on es té més acceleració. El màxim, en valor absolut, en m/s^2 es troba en Z al segon 6,3 amb un valor de 32,13 m/s^2 .

Gràfic de la velocitat angular en $^{\circ}/s$ en funció del temps en segons (Fig. 6.E)

En aquest gràfic es troba el mateix comportament que en el gràfic anterior, com que es mou l'estic en les tres direccions, a la gràfica ens surt moviment de graus respecte als 3 eixos estudiats. El màxim en valor absolut en $^{\circ}/s$ que es mou l'estic es troba respecte a l'eix Z en el segon 4,35 amb un valor de 613,46 $^{\circ}/s$.

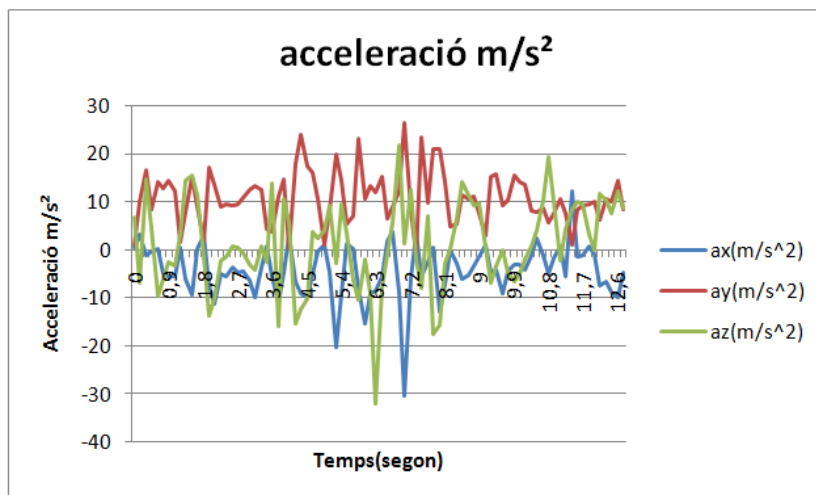


Figura 6.D Gràfic de l' acceleració en m/s^2 en funció del temps (segons) d'un atac d'un jugador amateur. (Font: Elaboració pròpia)

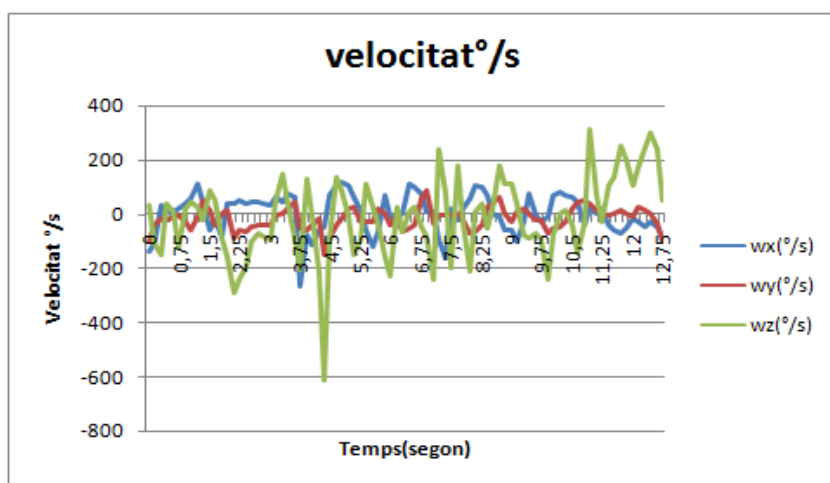


Figura 6.E Gràfic de al velocitat angular $^\circ/s$ en funció del temps (segons) d'un atac d'un jugador amateur. (Font: Elaboració pròpia)

6.1.3. Atac professional femení

A continuació es pot veure un atac d'una jugadora professional.

Gràfica acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons (Fig. 6.F)

Observem que l'atac que s'analitza, al moure l'estic en les tres direccions, es tenen moviments en les 3 direccions dels 3 eixos. L'eix Z és el que pateix més moviments per tant, és on té més acceleració. El màxim en valor absolut en m/s^2 es troba en Z al segon 10,65 amb un valor de $33,66 m/s^2$.

Gràfic velocitat angular en $^\circ/s$ en funció del temps en segons (Fig. 6.G)

En aquest gràfic es té el mateix comportament que en el gràfic anterior, com que es mou l'estic respecte a les tres direccions dels eixos, a la gràfica ens surt moviment en els 3 eixos. Pel que fa al màxim de $^\circ/s$ en valor absolut que es mou l'estic es troba respecte l'eix Z en el segon 12,45 amb un valor de $341,92 ^\circ/s$.

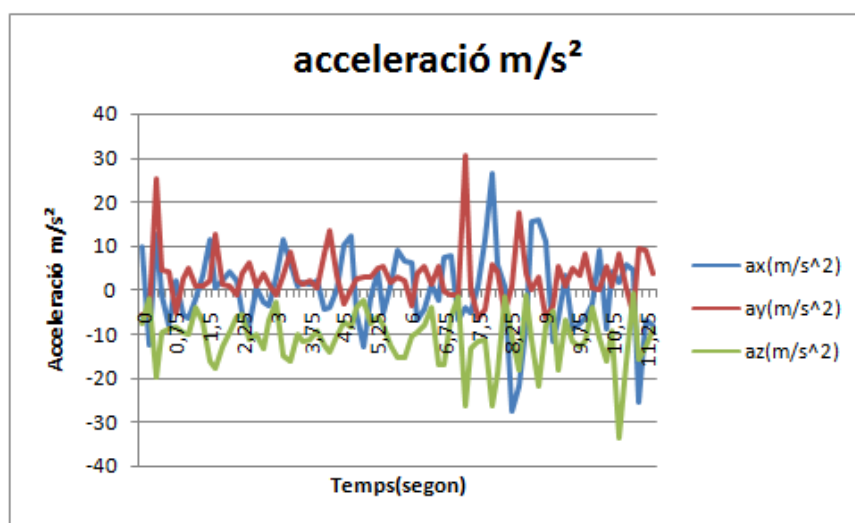


Figura 6.F Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps (segons) d'un atac d'una jugadora professional. (Font: Elaboració pròpia)

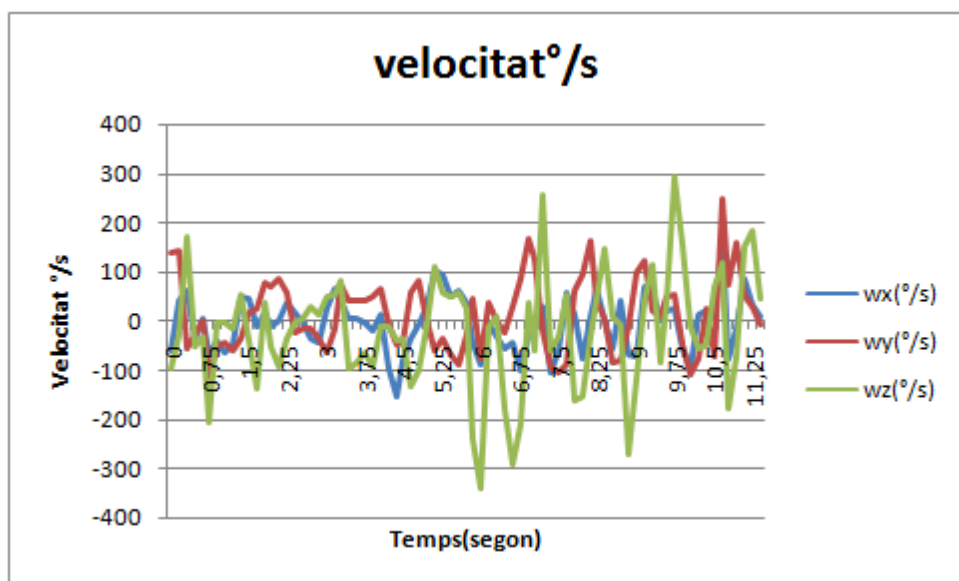


Figura 6.G Gràfic de al velocitat angular °/s en funció del temps (segons) d'un atac d'una jugadora professional. (Font: Elaboració pròpia)

6.1.4. Anàlisi de les accions atacants

TAULA RESUM ACCIONS ATACANTS EN VALORS MÀXIMS			
NIVELL D'ESPORTISTA	PROFESSIONAL MASCULÍ	AMATEUR MASCULÍ	PROFESSIONAL FEMENÍ
Màxima acceleració en m/s^2	50,90(eix Z)	-32,13(eix Z)	-33,66(eix Z)
Màxima velocitat en °/s	-562,44 (eix Z)	-616,46(eix Z)	-341,92 (eix Z)

Taula 6.A Taula resum de les accions atacants.

A totes les accions d'atac s'ha pogut extreure de factor comú, observant les dades mesurades que ens facilità l'acceleròmetre, que duran una jugada atacant, els jugadors i jugadores ho fan amb pocs moviments en l'eix Y, només fan una acceleració d'uns $20m/s^2$, (recordar que $9,81 m/s^2$ ja és l'acceleració de la gravetat).

Els eixos Z i X són els que els esportistes fan més força, ja que en tot moment busquen desfer-se del seu rival per intentar aconseguir l'objectiu que és anotar gol. En la següent imatge (Fig. 6.H) es pot veure representats els eixos X i Z.

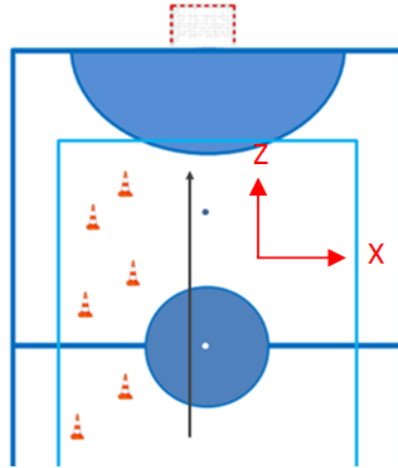


Figura 6.H En aquesta fotografia es veu representats els eixos Z i X. (Font: Elaboració pròpia)

L'eix en què es troba el valor màxim d'acceleració en una acció ofensiva de l'estic és el Z. Es pot veure corroborat en els tres gràfics. En la Fig. 6.B es pot observar clarament aquest fet. En els altres dos gràfics (Fig. 6.D i Fig. 6.F) es pot extreure que els eixos X i Z tenen un comportament aproximadament igual pel que fa a valors d'acceleració, però en els dos gràfics l'eix on hi ha el pic amb el valor màxim d'acceleració és l'eix Z.

Pel que fa als gràfics de $^{\circ}/s$, es pot observar un comportament força igual que els gràfics m/s^2 , on hi ha més inclinació és respecte a l'eix Z. En els gràfics en $^{\circ}/s$ s'observa que en una acció de joc, al moure lliurement l'estic es té moviments en graus respecte als tres eixos. Aquest comportament en un xut no el teníem.

6.2. Acció defensiva

En els següents gràfics es pot veure exemples d'implementació de l'acceleròmetre en accions defensives. En estar defensa'n, el jugador o jugadora defensa i protegeix la seva porteria amb el cos. Normalment defensa'n només els jugadors o jugadores mouen l'estic quan tenen el contrincant amb pilota molt a prop, i veuen altes possibilitats de prendre-li la pilota. Com bé s'ha dit abans, s'ha començat el treball amb la hipòtesi que els moviments de l'estic d'un defensor són amb menys freqüència i menys velocitat que els moviments que farien si estiguessin atacant.

6.2.1. Defensa professional masculí

A continuació es pot veure un exemple d'una acció defensiva d'un jugador professional.

Gràfica acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons (Fig. 6.I)

Al defensar mouen l'estic en les tres direccions dels tres eixos, tal com passa quan s'estudiava una acció atacant, d'aquesta manera en aquest gràfic es pot llegir valors en els 3 eixos a estudiar. L'eix que pateix més moviment és el Y. El màxim en m/s^2 es troba en l'eix Y al segon 3,45 amb un valor de 16,35 m/s^2 .

Gràfic velocitat angular en $^\circ/s$ en funció del temps en segons (Fig. 6.J)

L'eix respecte al que s'inclina més l'estic defensant és el Y, només per un màxim que té en el segon 3. Els valors oscil·len de 100 a -100 $^\circ/s$, excepte en el màxim del segon 3. Això és degut a l'explicació realitzada anteriorment, que defensant i atacant tots els esportistes fan moviments lliures respecte als tres eixos. Pel que fa al màxim de $^\circ/s$ que es mou l'estic es troba respecte a l'eix Z en el segon 3 amb un valor de 206,36 $^\circ/s$.

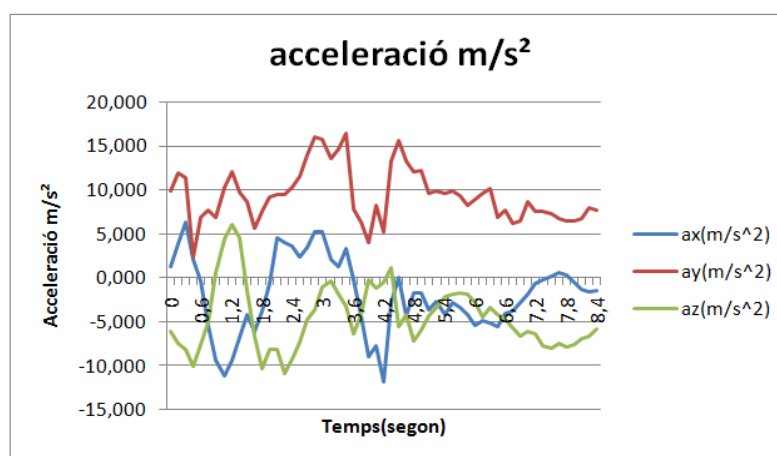


Figura 6.I Gràfic de l' acceleració en m/s^2 en funció del temps (segons) d'una defensa d'un jugador professional. (Font: Elaboració pròpia)

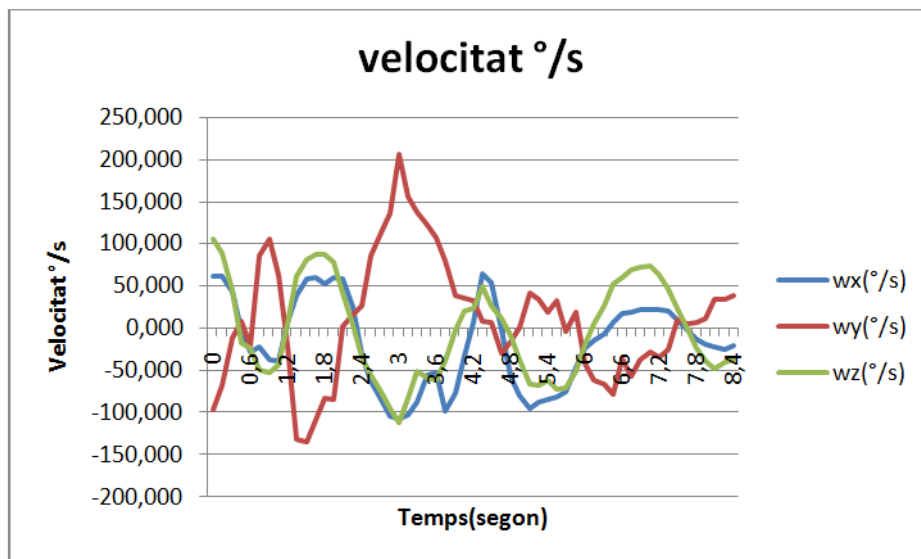


Figura 6.J Gràfic de la velocitat angular en $^{\circ}/s$ en funció del temps (segons) d'una defensa d'un jugador professional. (Font: Elaboració pròpia)

6.2.2. Defensa masculí amateur

En els gràfics que hi ha a continuació es pot observar un exemple d'acció defensiva d'un jugador amateur.

Gràfica acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons (Fig. 6.K)

Com a totes les accions de joc es mou l'estic en les tres direccions dels eixos. L'eix que pateix més moviment és el Z. Es pot observar que en l'eix Y es realitza molt poc desplaçament, tota la durada de l'estudi l'acceleració en aquest eix és molt propera a $10 m/s^2$. El màxim en m/s^2 es troba en l'eix Z al segon 2,7 amb un valor de $17,26 m/s^2$.

Gràfic velocitat angular en $^{\circ}/s$ en funció del temps en segons (Fig. 6.L)

Els eixos X i Y oscil·len entre -150 i $150 ^{\circ}/s$ i tenen un comportament força similiar. L'eix Z pràcticament no té acceleració en $^{\circ}/s$. Pel que fa al màxim de $^{\circ}/s$ que es mou l'estic es troba respecte a l'eix Y en el segon 3,15 amb un valor de $224,91 ^{\circ}/s$.

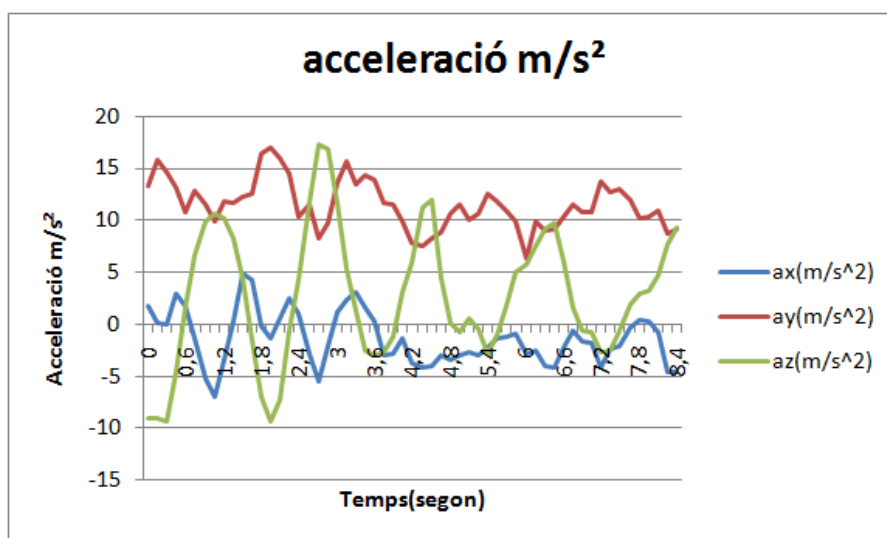


Figura 6.K Gràfic de l'acceleració en m/s^2 en funció del temps (segons) d'una defensa d'un jugador amateur. (Font: Elaboració pròpia)

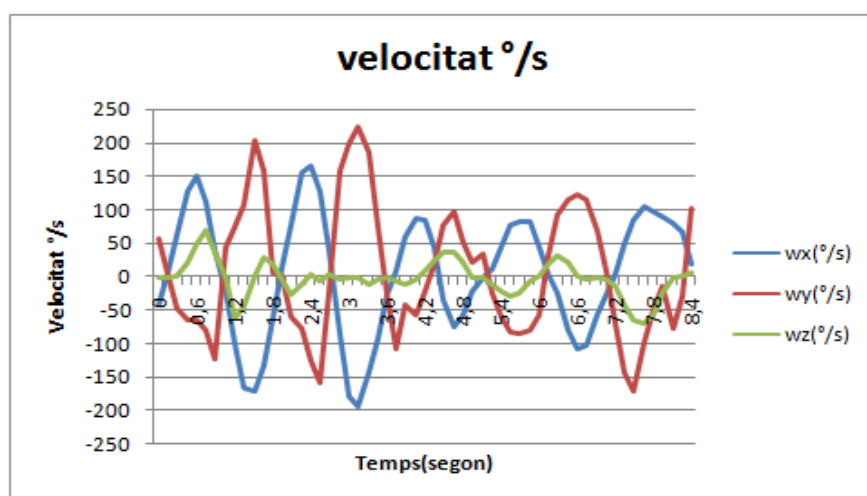


Figura 6.L Gràfic de la velocitat angular en $^{\circ}/s$ en funció del temps (segons) d'una defensa d'un jugador amateur. (Font: Elaboració pròpia)

6.2.3. Defensa professional femení

En els gràfics que hi ha a continuació es pot observar un exemple d'acció defensiva d'una jugadora professional.

Gràfica acceleració en m/s^2 en funció del temps en segons (Fig. 6.M)

En aquesta acció defensiva es pot visualitzar que l'eix Y és molt proper a $1g$ ($9,81 m/s^2$) tota l'estona. Els altres dos eixos, el X i el Z hi ha molt poc desplaçament, oscil·len entre 4 i $-4 m/s^2$, amb un moviment força igual. El màxim en m/s^2 es troba en l'eix Y al segon 8,1 amb un valor de $12,20 m/s^2$.

Gràfic velocitat angular en $^\circ/s$ en funció del temps en segons (Fig. 6.N)

El moviment de l'estic respecte als eixos X i Y oscil·la entre -50 i $50 ^\circ/s$. L'eix Z pràcticament no té velocitat en $^\circ/s$. Pel que fa al màxim de $^\circ/s$ que es mou l'estic es troba respecte a l'eix Y en el segon 8,15 amb un valor absolut de $123,23 ^\circ/s$.

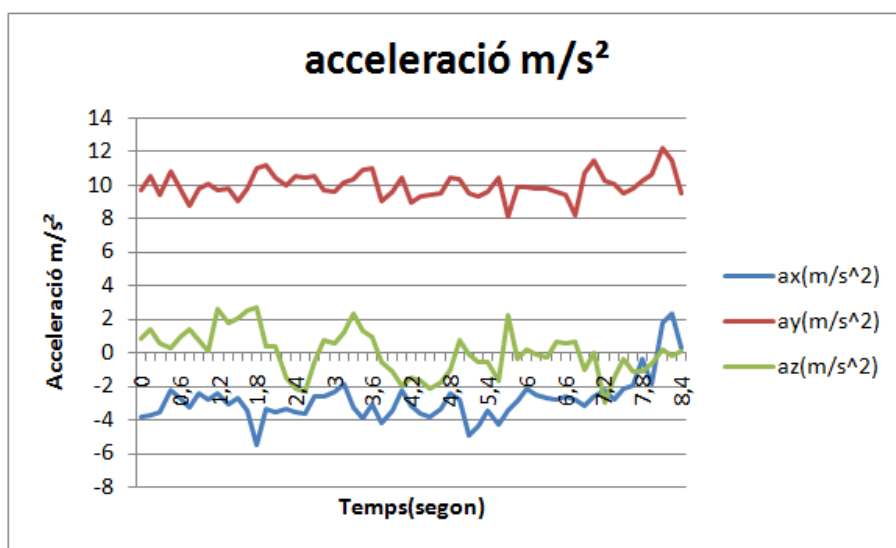


Figura 6.M Gràfic de l' acceleració en m/s^2 en funció del temps (segons) d'una defensa d'una jugadora professional. (Font: Elaboració pròpia)

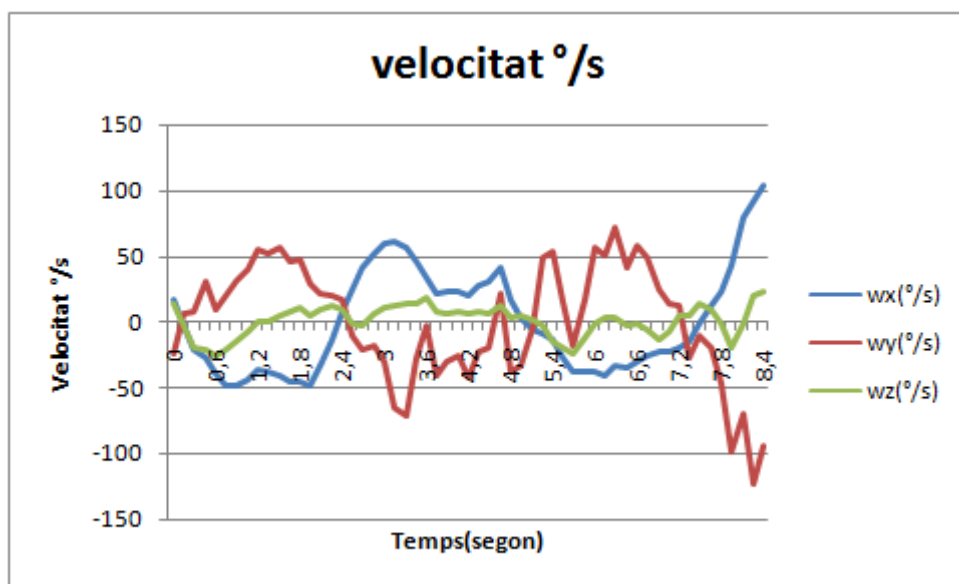


Figura 6.N Gràfic de la velocitat angular en °/s en funció del temps (segons) d'una defensa d'una jugadora professional. (Font: Elaboració pròpia)

6.2.4. Anàlisi de les accions defensives

TAULA RESUM ACCIONS DEFENSIVES EN VALORS MÀXIMS			
NIVELL D'ESPORTISTA	PROFESSIONAL MASCULÍ	AMATEUR MASCULÍ	PROFESSIONAL FEMENÍ
Màxima acceleració en m/s^2	16,35(eix Y)	17,26(eix Z)	12,20(eix Y)
Màxima velocitat en °/s	206,36 (eix Z)	224,91(eix Y)	-123,23 (eix Y)

Taula 6.B Taula resum de les accions defensives.

En tots els gràfics de l'acceleració en m/s^2 de les accions defensives s'observa que en l'eix vertical (eix Y) pràcticament no hi ha moviment de l'estic, ja que l'acceleració sempre es mou amb valors propers a l'acceleració de la gravetat ($9,81m/s^2$).

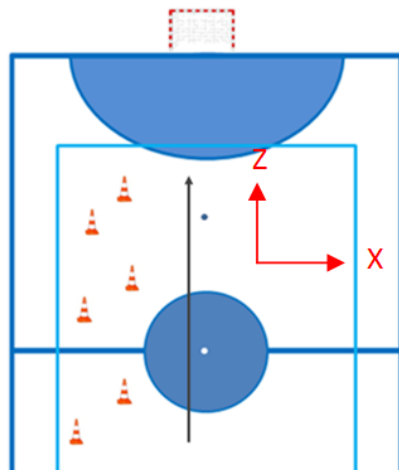


Figura 6.O En aquesta fotografia es pot veure una representació dels eixos Z i X. (Font: Elaboració pròpia)

En els eixos X i Z és on en accions defensives es desplaça l'estic. D'aquets dos últims eixos, on les jugadores i jugadors fan més força és en el Z, es pot corroborar en els gràfics representats anteriorment.

Pel que fa als gràfics de la velocitat angular en accions defensives, passa el mateix que en accions ofensives, no hi ha un patró clar de moviment en els diferents eixos. Una possible explicació és que cada jugador o jugadora defensa i ataca d'una manera diferent. Un altre factor que contribueix a no tenir un patró clar en la defensa és per culpa dels baixos valors d'acceleració en què ens movem, ja que el valor màxim dels tres gràfics d'exemple és de $223,91^\circ/s$.

6.3. Anàlisi dels resultats en les diferents accions de joc

6.3.1. Anàlisi de les accions de joc diferenciant eixos

En els apartats següents, es realitzarà un estudi i comparacions de les diferents accions de joc amb els diferents esportistes separant aquests estudis per eixos.

6.3.1.1. EIX X

En l'estudi de les dues accions dissenyades, l'eix X és el que té direcció perpendicular a la porteria.

EIX X						
NIVELL D'ESPORTISTA	PROFESSIONAL MASCULÍ		AMATEUR MASCULÍ		PROFESSIONAL FEMENÍ	
Acció	ATAC	DEFENSA	ATAC	DEFENSA	ATAC	DEFENSA
Valor del quantil 0,95	19.94	4.94	3.10	2.98	12.66	0.033
DESVIACIÓ ESTÀNDARD (std(ay))	9.67	4.20	5.56	2.52	9.00	1.32
MEDIANA \widetilde{ay} (m/s ²)m/s ²	5,45	-1,80	-4,52	-1,60	0,77	-2,81
MITJANA ARITMÈTICA \overline{ay} (m/s ²)	23.60	5.54	5.76	3.99	17.75	1.45
Distància entre màx. – min. m/s ²	50.85	18.09	42.51	11.75	54.12	7.86

Taula 6.C Taula resum de les accions en l'eix X

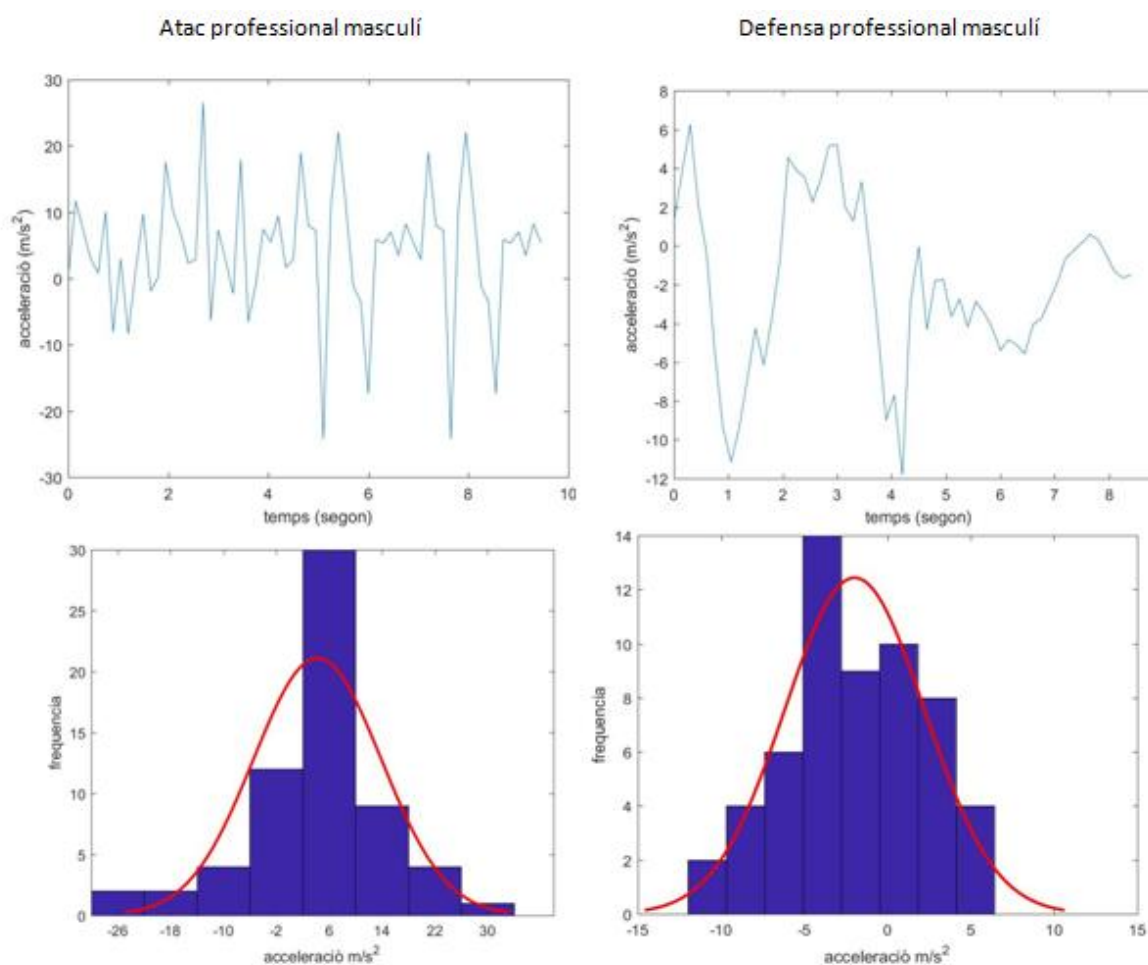


Figura 6.P Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix X d'un jugador professional. (Font: Elaboració pròpia)

En observar els resultats aplicant el quantil del 95%, s'extreu que en l'acció atacant es té una mitjana de 23,60 m/s², i en l'acció defensiva una mitjana de 5,54 m/s². En les gràfiques es pot observar que atacant es realitzen molts més moviments que defensant. En quasi el mateix interval de temps, en l'acció atacant hi ha molts més pics que en l'acció defensiva.

La distància entre el valor màxim i el valor mínim també es pot observar que dista molt. En el cas d'atacar arriba fins a 50,85 m/s² i en una acció defensiva aquest valor és de 18,09 m/s².

En els histogrames es pot visualitzar que les mostres en un atac van del -26 al 30 m/s², es pot observar una clara tendència a la regió de 6 m/s². Les regions amb més freqüència després de la principal són la de -2 i la de 14 m/s². En una acció defensiva l'interval és de -10 a 5 m/s² amb presència en la regió propera a -5 m/s².

Finalment si seguim les corbes gaussianes que hi ha a sobre l'histograma, es veu que la mediana en atac és de $5,45 \text{ m/s}^2$ i en una acció defensiva $-1,83 \text{ m/s}^2$.

Parlant de valors d'acceleració, podem afirmar que durant l'atac en l'eix X d'un jugador professional masculí d'hoquei patins hi ha molta més acceleració que si estàs defensant.

Pel que fa a desviacions estàndard, en l'acció defensiva és més petita, en aquest cas és $4,20$ i en l'acció ofensiva és $9,67$.

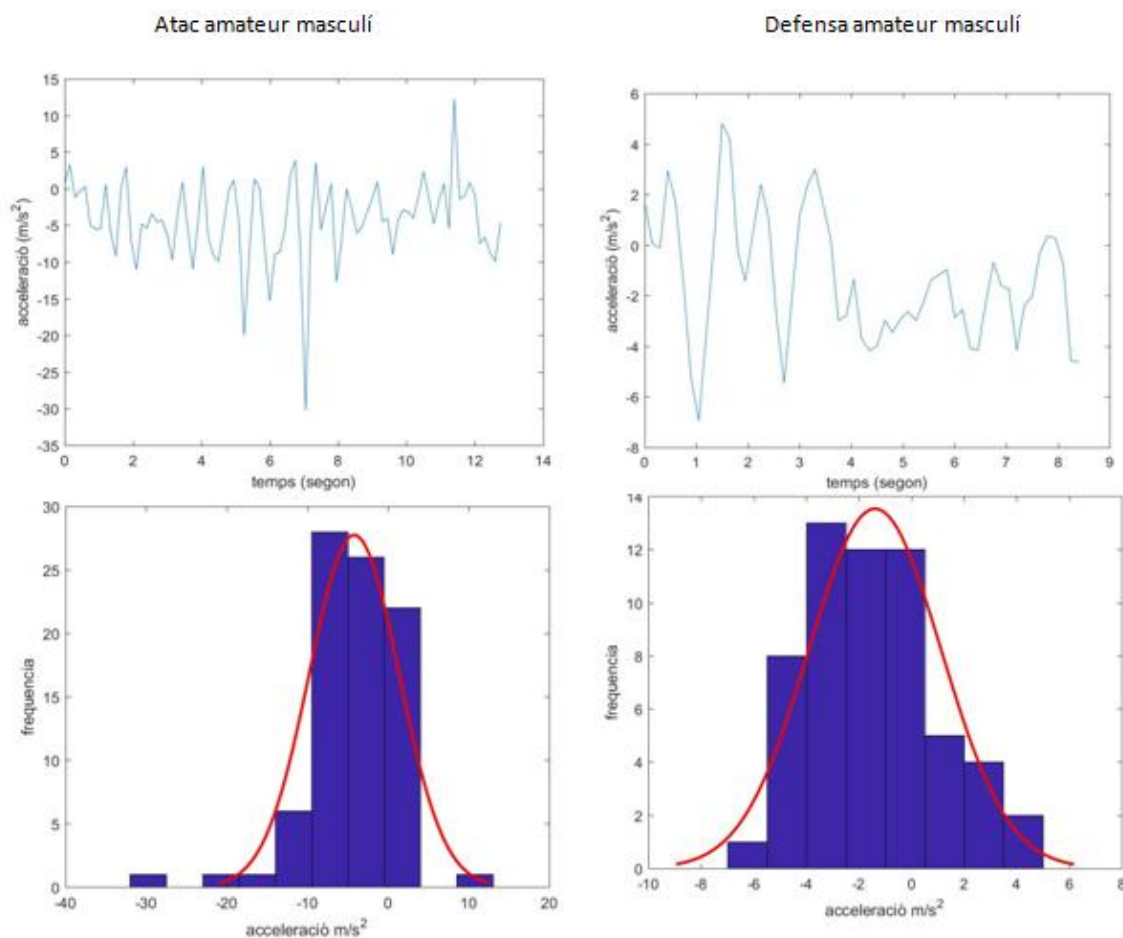


Figura 6.Q Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix X d'un jugador amateur. (Font: Elaboració pròpia)

En un jugador amateur d'hoquei patins, aplicant com a totes les jugades estudiades el quantil del 95%, amb el MATLAB s'ha calculat i extret que en una acció atacant hi ha una mitjana d'acceleració de $5,76 \text{ m/s}^2$ i $3,99 \text{ m/s}^2$ defensant. Com en el cas anterior, en l'acció ofensiva, hi ha molts més pics que en l'acció defensiva, la raó és perquè es fan més moviments atacant que defensant.

La distància entre el valor màxim i mínim en ambdós casos és la següent. 42,51 m/s² atacant i 11,75 m/s² defensant. La diferència entre les accions pel que fa a valors màxims d'acceleració és visible.

Centrant-nos en els histogrames, s'observa que en l'acció ofensiva els valors es mouen de -30 a 10 m/s² i en l'acció defensiva de -8 a 6 m/s². En la primera acció els valors segueixen una tendència des de la regió -10 a la regió 5, essent aquestes 3 regions les preferides per les mostres. En l'acció defensiva es troba una petita semblança, però en aquesta acció, les regions on es troba les tendències oscil·la de la -4 a la 0.

En un jugador amateur, si ens centrem amb els números d'acceleració s'extreu que en una acció atacant hi ha valors més alts d'acceleració que en una defensiva.

La corba gaussiana en l'acció ofensiva, ens indica que la mediana té el valor -4,52 i en l'acció defensiva -1,60, ambdós casos les unitats de l'acceleració son m/s².

Finalment, la desviació estàndard té el mateix comportament què en el cas del jugador professional, trobem menys desviació estàndard en l'acció defensiva (2,52 acció defensiva i 5,56 acció ofensiva).

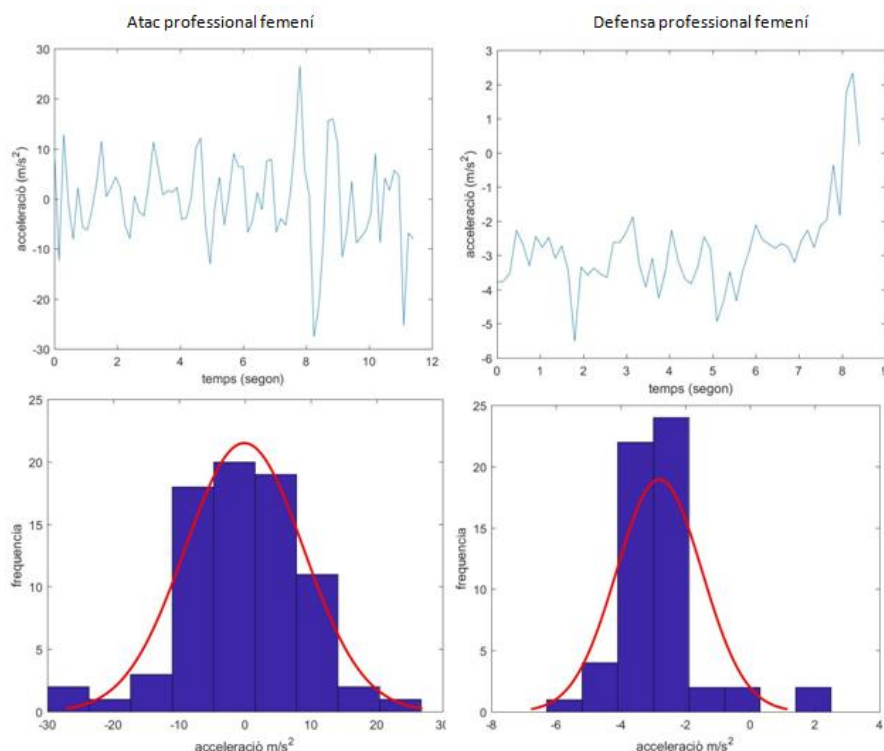


Figura 6.R Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix X d'una jugadora professional. (Font: Elaboració pròpia)

En l'eix X d'una jugadora professional, es troba que una acció d'atac té una mitjana de $17,75 \text{ m/s}^2$ i una acció defensiva de $1,45 \text{ m/s}^2$. La distància entre el valor màxim i mínim de l'acció ofensiva és $54,12 \text{ m/s}^2$, i la de l'acció defensiva és $7,86 \text{ m/s}^2$. És un paràmetre que ja ens informa de com varia l'acceleració d'un atac respecte una acció defensiva. Si es miren els gràfics, es pot veure una clara diferència d'acceleracions entre un atac i una acció defensiva.

En els histogrames es troba que en l'acció on hi ha més acceleració, en l'acció ofensiva, les regions de -10 a 10 m/s^2 tenen altes freqüències de mostres, però la regió on hi ha més mostres, per pocs valors és la regió de 0 m/s^2 . Pel que fa a l'acció defensiva aquests valors van de -6 a 0 m/s^2 i la preferència es troba en la regió entre -3 i -2 m/s^2 .

En les corbes gaussianes, ens indiquen on es troba la mediana de tots els valors mesurats de les jugades, en el cas d'una acció ofensiva el tenim en $0,77 \text{ m/s}^2$ i en una acció defensiva és $-2,81 \text{ m/s}^2$.

Com en els altres dos casos, es té menys desviació en l'acció defensiva, amb un valor de $1,32$. En l'acció ofensiva, aquest valor és de $9,00$.

6.3.1.2. EIX Y

L'eix Y, en les accions de la jugada dissenyada és l'eix vertical, es l'eix en la projecció de l'estic.

EIX Y						
NIVELL D'ESPORTISTA	PROFESSIONAL MASCULÍ		AMATEUR MASCULÍ		PROFESSIONAL FEMENÍ	
Acció	ATAC	DEFENSA	ATAC	DEFENSA	ATAC	DEFENSA
Valor del quantil 0,95	25.71	15.56	21.45	15.94	13.14	11.33
DESVIACIÓ ESTÀNDAR (std(ay))	7.01	3.04	5.53	2.34	13.14	0.76
MEDIANA \bar{ay} (m/s^2) m/s^2	15,06	9,13	10,30	11,48	2,16	9,80

MITJANA ARITMÈTICA \overline{ay} (m/s²)	26,24	15,95	24,52	16,50	20,42	11,70
Distància entre màx. – min. m/s²	29.67	13.97	27.34	10.75	37.02	4.09

Taula 6.D Taula resum de les accions en l'eix Y.

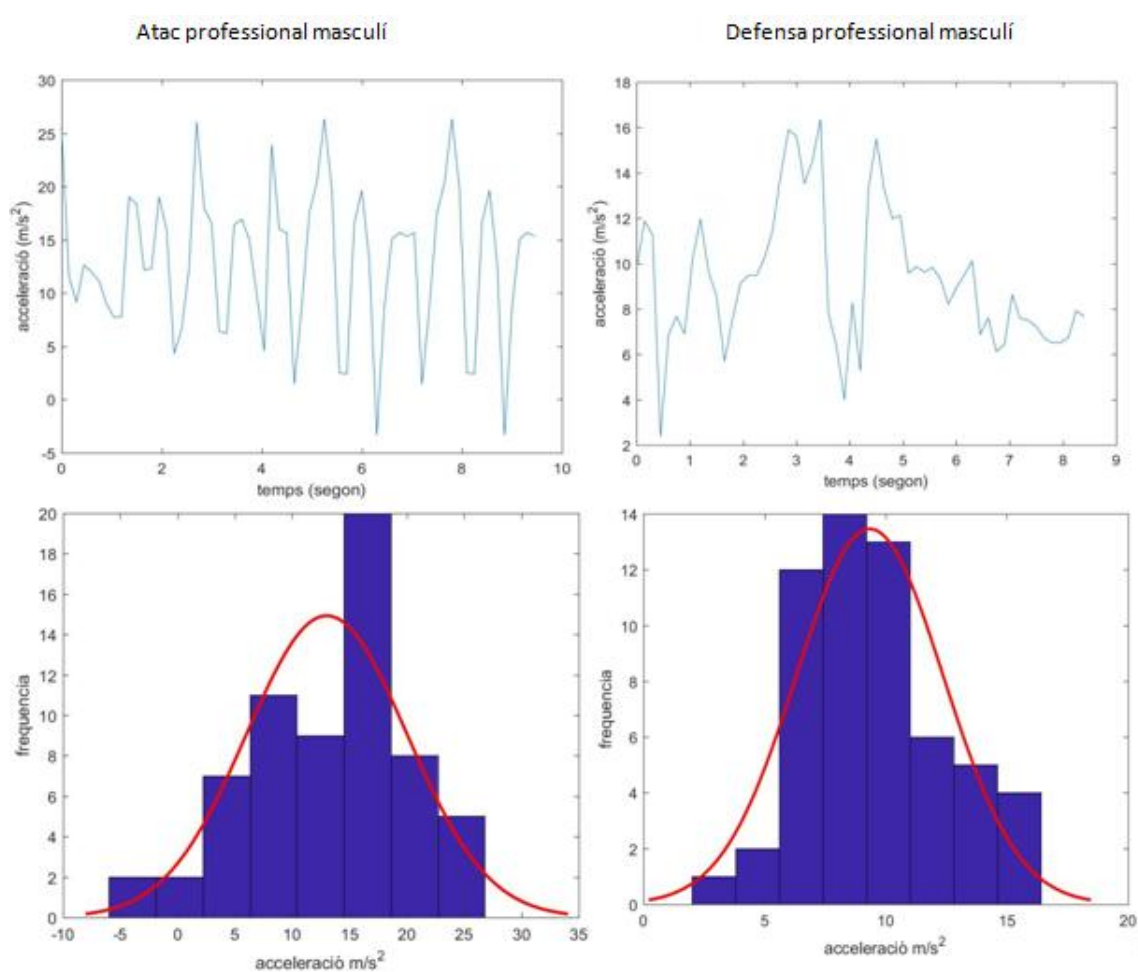


Figura 6.S Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix Y d'un jugador professional.
(Font: Elaboració pròpia)

En l'estudi de les jugades d'un professional masculí, la mitjana dels valors emprant el quantil del 95%, es té que en l'acció ofensiva, la mitjana puja fins a 26,24 m/s², i en l'acció contrària és 15,95 m/s².

L'eix vertical, anteriorment en els altres gràfics adjunts s'ha pogut visualitzar que no té gaire acceleració. Tots els valors disten poques unitats de l'acceleració de la gravetat, els famosos $9,81 \text{ m/s}^2$. Dels tres eixos a estudiar, és el que té menys acceleració si es menysprea els $9,81 \text{ m/s}^2$, que ens mesura sempre l'acceleròmetre.

Les distàncies entre valors màxims i mínims són $26,67$ i $13,97 \text{ m/s}^2$. No és una distància gaire significativa per dir que hi ha molta més acceleració atacant que defensant.

Com en els altres casos estudiats, es té més baixa desviació estàndard en l'acció defensiva. En l'acció defensiva hi ha una desviació de $3,04$ i en l'acció que la jugada ataca és de $7,01$.

En l'eix vertical, les gaussianes evidencien el comportament que té l'acceleració en aquest eix. Les medianes són molt properes a la gravetat. En el cas ofensiu de $15,06 \text{ m/s}^2$, i en el cas defensiu de $9,13 \text{ m/s}^2$.

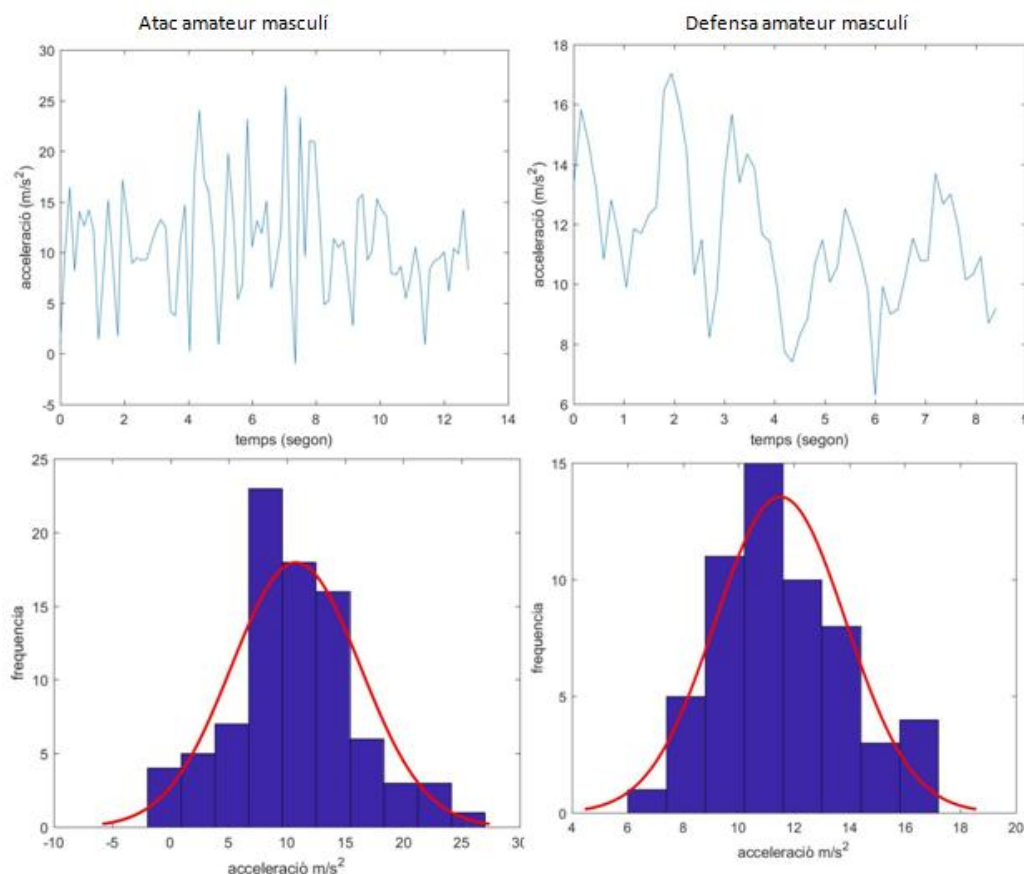


Figura 6.T Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix Y d'un jugador amateur. (Font: Elaboració pròpia)

En el cas d'estudi de jugades d'un amateur masculí, les dades extrems tenen el mateix comportament que el jugador professional. Les mitjanes s'aproximen molt al valor de la gravetat. En el cas de l'acció ofensiva és de $24,52 \text{ m/s}^2$, i en l'acció defensiva de $16,50 \text{ m/s}^2$. Les distàncies entre

els valors màxims i mínims en aquest cas tampoc són per extreure una dada que reafirmi la hipòtesi inicial. Aquesta distància en l'acció atacant és de 27,34 m/s², i en la defensiva de 10,75 m/s².

Els histogrames, ens informen que en l'ofensiva es tenen valors que van de -5 a 25 i en la defensiva de 6 a 18. Totes les unitats són m/s². En la primera acció s'observa una tendència en la regió de 5 a 10 m/s². En l'acció defensiva, la regió amb més freqüència de mostres és la que va de 10-12 m/s². Es pot veure un grau d'homogeneïtat en aquestes dues accions, ja que la tendència de la mostra oscil·la valors molt propers a la gravetat.

La desviació estàndard no trenca el comportament que s'ha anat veient fins ara, i en l'acció defensiva es té menys desviació estàndard. Aquest valor és de 2,34. En l'acció ofensiva aquest valor escala fins al 5,83.

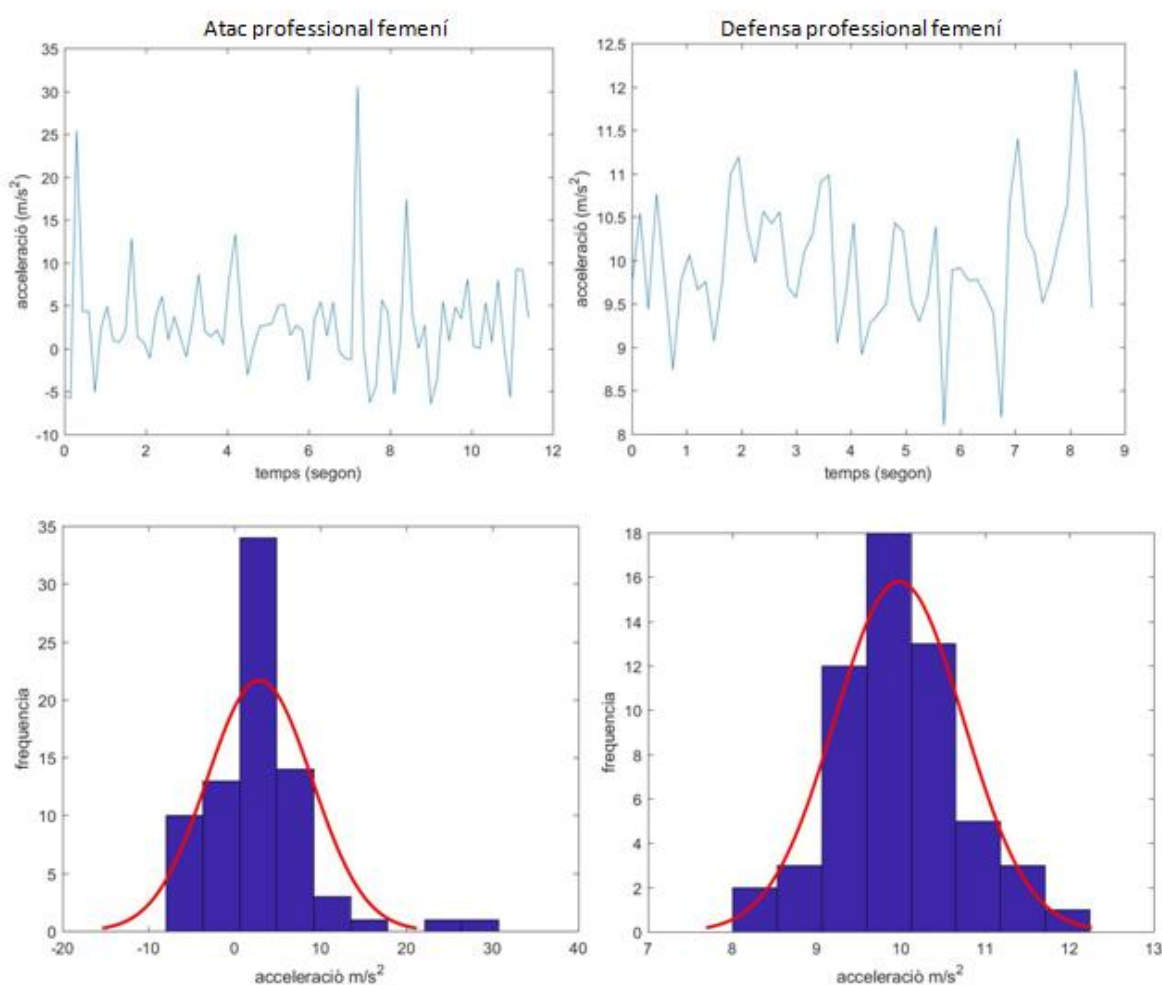


Figura 6.U Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix Y d'una jugadora professional. (Font: Elaboració pròpia)

En l'estudi d'accions en hoquei professional femenina, segueix la mateixa tendència que s'ha vist fins ara en l'eix vertical. Les mitjanes de les respectives accions d'atac i defensa són, 20,42 i 11,70 m/s², valors molt propers a la gravetat.

Les distàncies màximes, com els altres dos nivells d'esportistes estudiats en l'eix Y, tampoc expressen una clara diferència entre acció ofensiva i defensiva. Aquestes distàncies són 37,02 i 4,09 m/s².

Si ens fixem en els histogrames, ambdós casos es tenen valors que oscil·len entre -10 i 10 m/s². En l'acció defensiva, la presència de mostres es troba en la regió de 10 m/s², recordant que la gravetat és 9,81 m/s², per tant, són valors propers a la gravetat. En l'acció d'atac, la regió on hi ha més freqüència d'acceleracions és la que va entre 0 i 10 m/s².

La corba gaussiana de l'acció defensiva, segueix el mateix comportament que totes les accions en l'eix Y, tenint la seva respectiva mediana en 9,80 m/s². La mediana de l'acció atacant, aquest cop és inferior a la gravetat, però també segueix un comportament d'homogeneïtat. El valor de la mediana en l'acció ofensiva és de 2,16 m/s².

6.3.1.3. EIX Z

A continuació es pot veure l'estudi de jugades en l'eix Z. L'eix Z és l'eix en direcció a la porteria.

EIX Z						
NIVELL D'ESPORTISTA	PROFESSIONAL MASCULÍ		AMATEUR MASCULÍ		PROFESSIONAL FEMENÍ	
Acció	ATAC	DEFENSA	ATAC	DEFENSA	ATAC	DEFENSA
Valor del quantil 0,95	40.82	3.18	14.35	11.86	-1.75	2.43
DESVIACIÓ ESTÀNDARD (std(ay))	18.23	3.63	9.34	6.42	6.04	1.35

MEDIANA \tilde{a}_y (m/s²)m/s²	-2,09	-4,97	0,51	1,84	-10,38	0,09
MITJANA ARITMÈTICA \overline{a}_y (m/s²)	47,60	3,31	18,92	15,36	-1,31	2,59
Distància entre màx. – min. m/s²	90.04	16.83	27.34	26.63	32.95	5.73

Taula 6.E Taula resum de les accions en l'eix Z

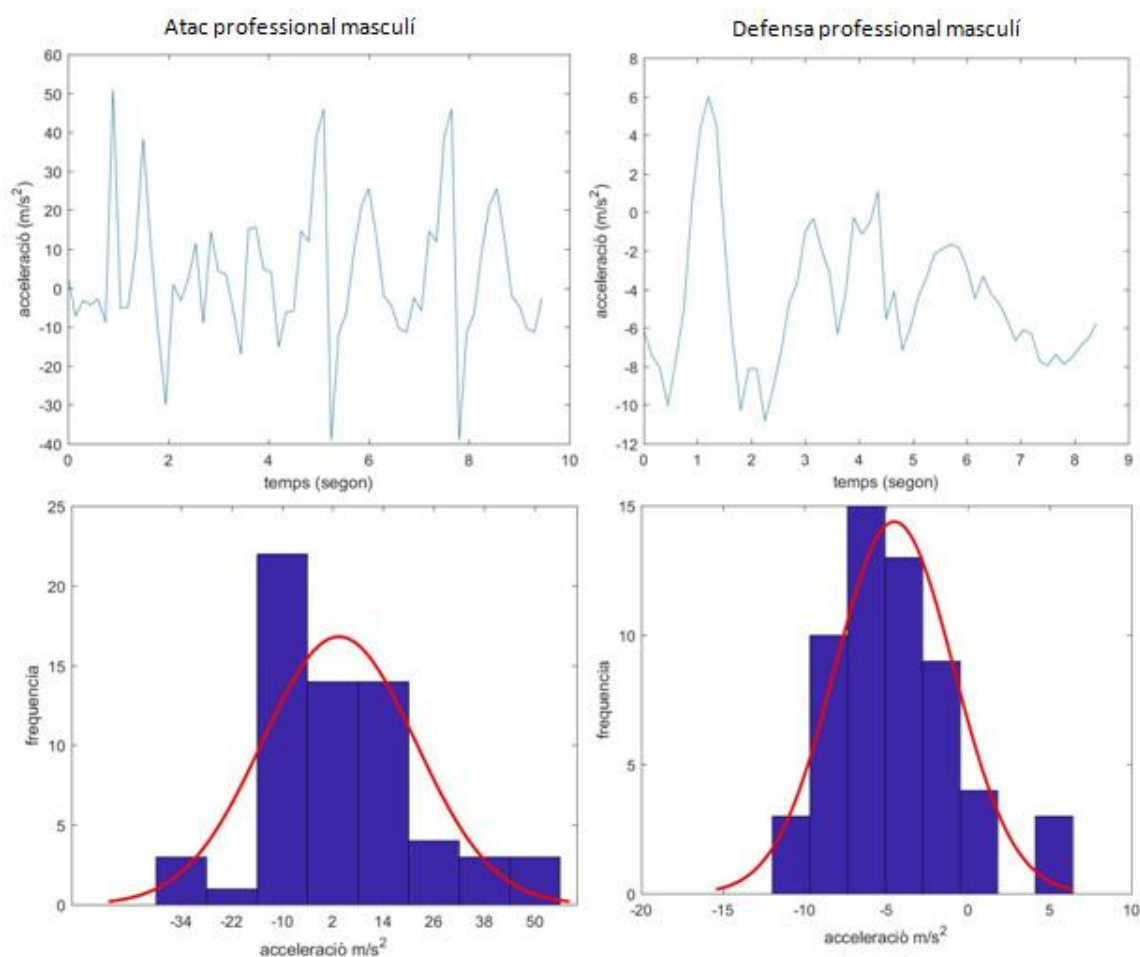


Figura 6.V Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix Z d'un jugador professional.
(Font: Elaboració pròpia)

Observant l'últim eix dels analitzats en les jugades ofensives i defensives, s'extreu que en aquest eix és on hi ha el valor màxim d'acceleració. La mitjana de les accions, aplicant el quantil del 95 %, en una acció ofensiva és de $47,60 \text{ m/s}^2$ i en una acció defensiva $3,31 \text{ m/s}^2$. La distància entre el valor màxim i el valor mínim respectivament és $90,04$ i $16,83 \text{ m/s}^2$. Aquesta diferència de distàncies és significativa per reafirmar que en una acció atacant hi ha més acceleració que en una defensiva pel que fa a valors màxims.

Aquesta premissa també es veu reflectida en els histogrames. L'histograma de l'acció d'atac hi veiem valors que van del -34 al 50 m/s^2 , per altra banda, en l'acció defensiva aquests valors es mouen de -15 a 5 m/s^2 . Un altre paràmetre que ens diu que s'hi ha més acceleració en accions atacants que defensives.

Es pot extreure que en l'acció d'atac les mostres tenen molta freqüència en la regió -10 . A continuació d'aquesta regió es troben les regions de 2 i de 14 que també són regions amb preferència de mostres. En l'acció defensiva la regió amb més freqüència d'acceleracions és la $-7,5 \text{ m/s}^2$.

Les gaussianes en les dues accions tenen un comportament força igual. Les dues medianes disten molt poc un respecte a l'altre. La mediana ofensiva és de $-2,09$ i la defensiva de $-4,97$.

Finalment la desviació estàndard no trenca esquemes i segueix comportant-se d'igual manera que s'ha comportat fins al moment. En l'acció defensiva hi ha un valor més baix. Els valors són, $18,23$ en atac, i $3,63$ en defensa.

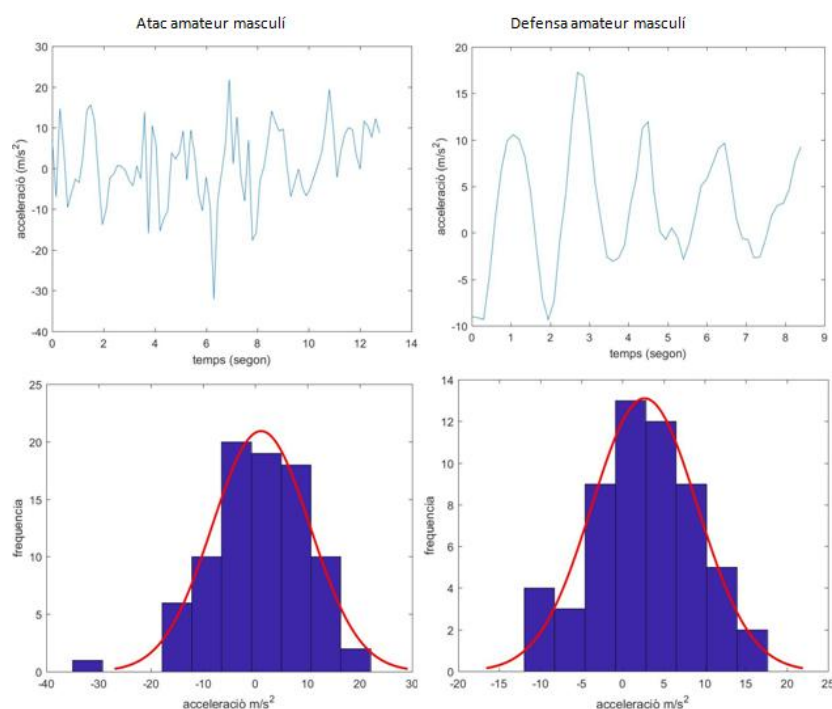


Figura 6.W Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix Z d'un jugador amateur. (Font: Elaboració pròpia)

En l'anàlisi de les accions de joc en un jugador amateur en l'eix Z, no es pot treure conclusions molt clares. A continuació es justifica.

La mitjana en una acció ofensiva aplicant el quantil 0,95 és de $18,92 \text{ m/s}^2$, i en una acció defensiva és de $15,36 \text{ m/s}^2$. Aquestes dues mitjanes no tenen la diferència que teníem en l'acció en l'eix Z del jugador professional. Les distàncies entre els valors màxims i mínims tampoc permet treure conclusions sòlides. La distància en atac és de $27,34 \text{ m/s}^2$ i en defensa de $26,63 \text{ m/s}^2$.

En els histogrames es té el mateix comportament. En acció ofensiva les mostres van del -30 al 20 m/s^2 , i en l'acció defensiva del -15 al 20 m/s^2 . En els dos histogrames no s'observa una regió on s'evidenciï molta preferència de mostres. En els dos histogrames, la regió on hi ha més freqüència d'acceleracions és en la regió propera a 0.

Les gaussianes ens indiquen que les medianes en les jugades d'un jugador amateur són molt properes. En l'acció ofensiva es troba una mediana de $0,51 \text{ m/s}^2$, i en la jugada defensiva una mediana de $1,84 \text{ m/s}^2$.

Les desviacions estàndards tenen el mateix comportament que hem vist fins ara. La desviació estàndard en l'acció ofensiva és de 9,34 i en l'acció defensiva de 6,42.

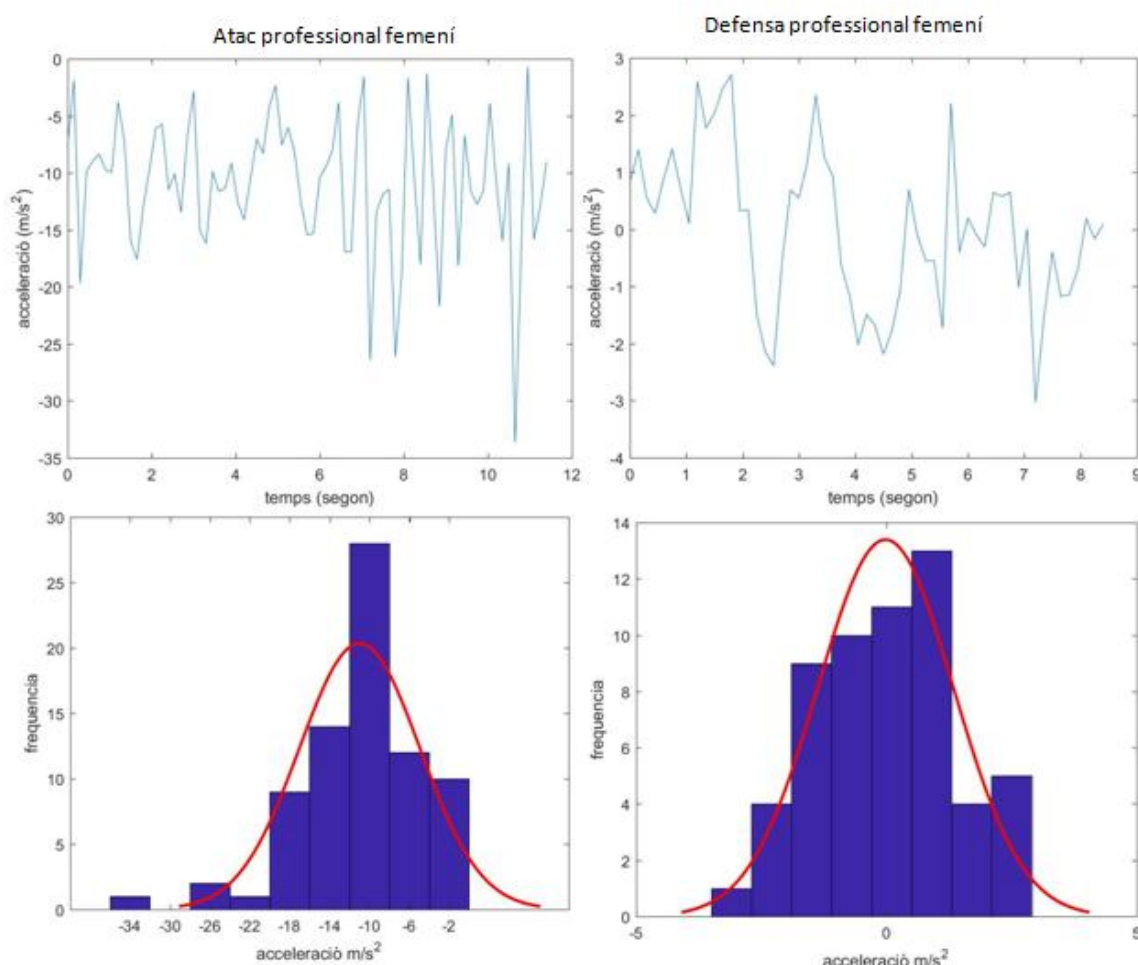


Figura 6.X Imatge on es pot observar els gràfics, histogrames i corba gaussiana en l'eix Z d'una jugadora professional. (Font: Elaboració pròpia)

En l'estudi de les jugades d'una professional femenina, es pot observar a continuació que es torna a tenir diferència entre una acció defensiva i una acció ofensiva.

La mitjana d'una jugadora professional atacant té el valor de $-1,31 \text{ m/s}^2$. En una acció defensiva la mitjana aritmètica és $2,59 \text{ m/s}^2$. La mitjana de l'acció atacant enganya, ja que si és fixen en les acceleracions negatives, els valors que prenen són molt més grans que el valor de la mitjana.

La distància entre valors màxims i valors mínims en una acció ofensiva és de $32,95 \text{ m/s}^2$, en l'acció defensiva, aquesta distància pren el valor de $5,43 \text{ m/s}^2$. Aquesta dada ens acostia més a extreure la conclusió que atacant hi ha més acceleracions que defensant.

Aquesta possible conclusió es corrobora, en els histogrames. És possible visualitzar que en l'histograma de l'acció ofensiva, els valors es mouen de -26 a 2 m/s^2 . La regió on trobem més acceleracions és en la regió de 10 m/s^2 .

Pel que fa a en l'acció defensiva, observem que els valors van de -5 a 5 m/s^2 , essent les regions properes a 0 les regions amb més freqüència d'acceleracions.

El valor negatiu de l'acceleració en l'acció ofensiva, no indica res més de cap on fa el moviment el jugador que ataca. Això depèn de molts factors, com per exemple, com ell és col·loca a l'hora d'atacar a un rival, com el defensor es posiciona, la tècnica que té un, els moviments preferits d'un jugador ...

En les corbes de les gaussianes, es pot extreure que la mediana en l'acció ofensiva és de -10,38 m/s^2 i en l'acció defensiva és de 0,09 m/s^2 . La mediana de l'acció defensiva reflexa les poques acceleracions que hi ha en la defensa en l'hoquei professional.

6.3.2. Comparacions d'accions en diferents condicions

En una comparació entre mitjanes aritmètiques i entre pic màxims d'acceleració, per diferents valors que es calculin, molts cops és difícil amb aquests valors poder concloure si dues mostres comparades diferencien entre elles.

En aquest apartat es realitzaran comparatives entre diferents accions i diferents esportistes. En un mateix gràfic es superposaran les dues accions. En aquest gràfic és veurà representats els dos histogrames amb les corbes gaussianes.

Acte seguit, a través de la distribució t-Student es comprovarà si les accions diferencien i el seu interval de confiança. D'aquesta manera, es tindrà un valor, que independentment dels valors que s'han calculat anteriorment, ens indicarà si diferencien o no.

En les comparacions que no diferencien ($h=0$) entre elles, indica que hi ha significació estadística a un nivell de confiança del 95% quan el seu valor és inferior a 0.05. Per tant, amb $h=1$, al ser un valor més gran de 0.05 no ens calcularà P-valor.

PROFESSIONAL MASCULÍ VS. AMATEUR MASCULÍ

ATAC PROFESSIONAL MASCULÍ VS ATAC AMATEUR MASCULÍ EN EIX Z

En primer lloc es farà una comparativa en l'eix Z d'un atac entre un professional i un amateur. L'histograma en verd és de l'atac amateur masculí i en blau el del professional masculí. En aquest cas

al ser dues accions tan similars, l'histograma blau no es visible perquè es tapat per el de l'acció d'atac del jugador amateur.

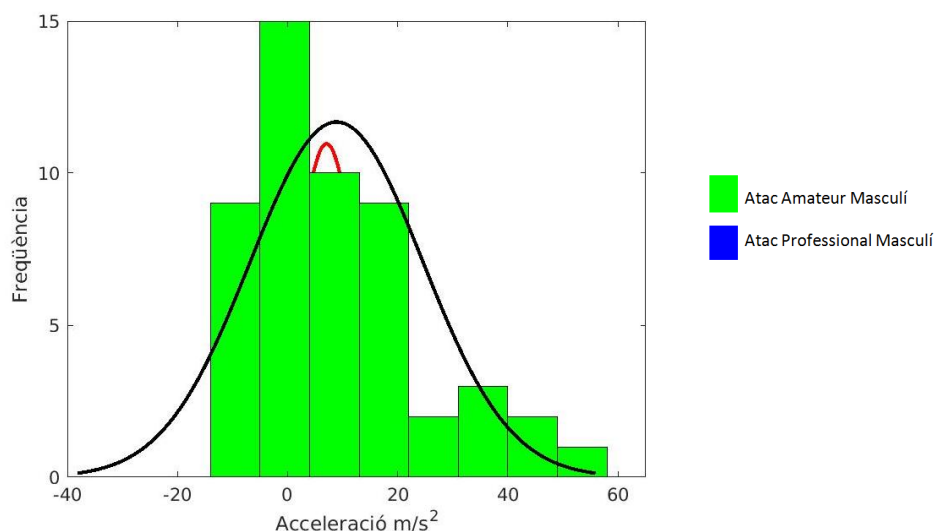


Figura 6.Y Histogrames atac amateur i professional masculí superposats (Font: Elaboració pròpia)

Amb aquestes mostres, la t-Student ens retorna $h=0$. Per tant, segons la distribució normal de t-Student aquestes dues accions no diferencien. És un valor lògic, ja que podem veure que les medianes valen quasi el mateix valor, i les barres del histograma de l'acció d'atac del professional masculí estan ocultes per culpa les de l'amateur.

En aquesta comparació MATLAB ens retorna un P-valor de 0,22.

El C.I. en aquest cas és un interval que val $[-4,77 \quad 1,13]$. Al ser dues mostres tan iguals, es coherent que l'interval de confiança sigui de tan poca magnitud.

DEFENSA PROFESSIONAL MASCULÍ VS DEFENSA AMATEUR MASCULÍ EN EIX Z

En aquest apartat es comprovarà si les medianes de les accions defensives en un professional i un amateur disten més del 5%.

Les barres de color verd representen l'histograma de l'acció defensiva amateur, i les barres de color blau l'acció defensiva del professional masculí.

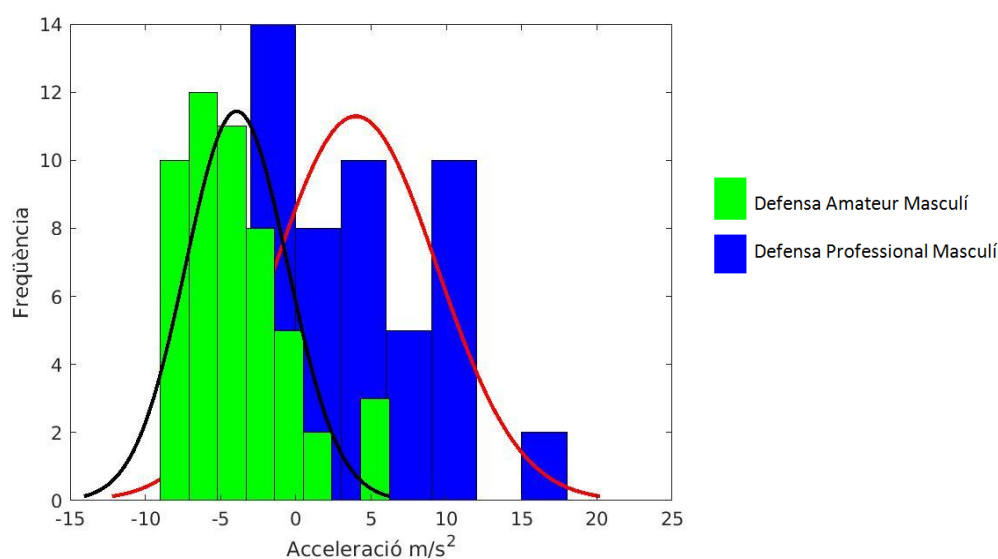


Figura 6.2 Histogrames defensa amateur i professional masculí superposats
(Font: Elaboració pròpia)

La distribució de la t-Student en aquest cas ens retorna $h=1$. Aquest valor ens indica que les dues mostres analitzades disten entre elles més d'un 5%. En aquest cas ja es pot observar que les medianes tenen valors diferents.

L'interval de confiança en la comparació d'una defensa professional amb una d'amateur és $[7,30 \ 8,54]$.

ATAC VS DEFENSA

ATAC PROFESSIONAL MASCULÍ VS DEFENSA PROFESSIONAL MASCULÍ EN EIX Z

Es comprovarà si les medianes de les dues accions estudiades diferencien més del 5%. Ens centrarem en els eixos Z.

Les barres de color verd representen l'histograma de l'acció defensiva, i les barres de color blau l'acció atacant del professional masculí.

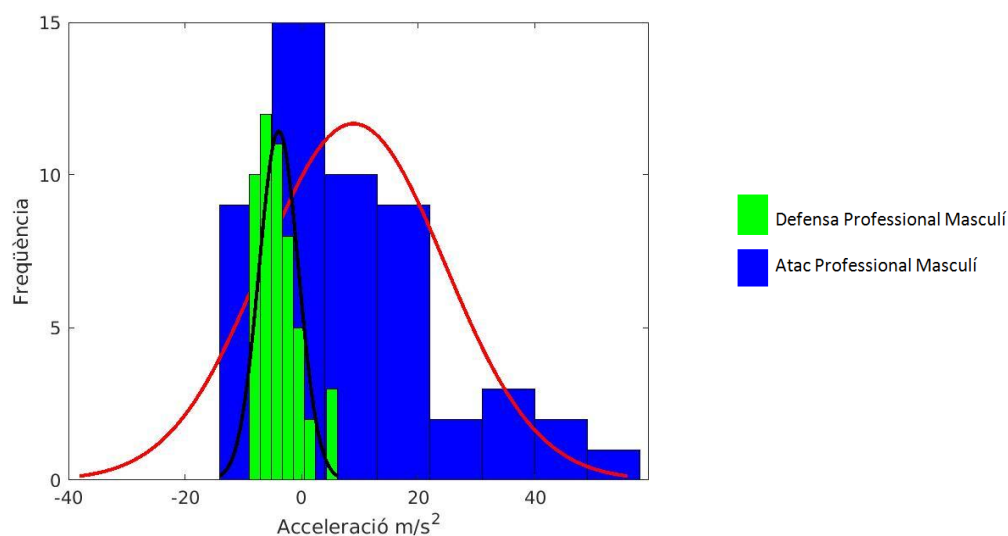


Figura 6.AA Histogrames atac i defensa d'un professional masculí superposats (Font: Elaboració pròpia)

La distribució de la t-Student en aquest cas ens retorna $h=1$. Aquest valor ens indica que les dues mostres analitzades disten entre elles més d'un 5%. En aquest cas ja es pot observar que les medianes tenen valors diferents. En aquest cas es pot veure com les acceleracions en l'acció defensiva disten molt respecte les ofensives.

L'interval de confiança en la comparació d'una defensa amb una acció ofensiva en un jugador professional és [9,34 16,31].

ATAC AMATEUR MASCULÍ VS DEFENSA AMATEUR MASCULÍ EN EIX Z

En aquest apartat es farà una comparativa en l'eix Z entre una acció ofensiva i una altra defensiva en un amateur. L'histograma en verd és l'acció defensiva i en blau l'acció ofensiva.

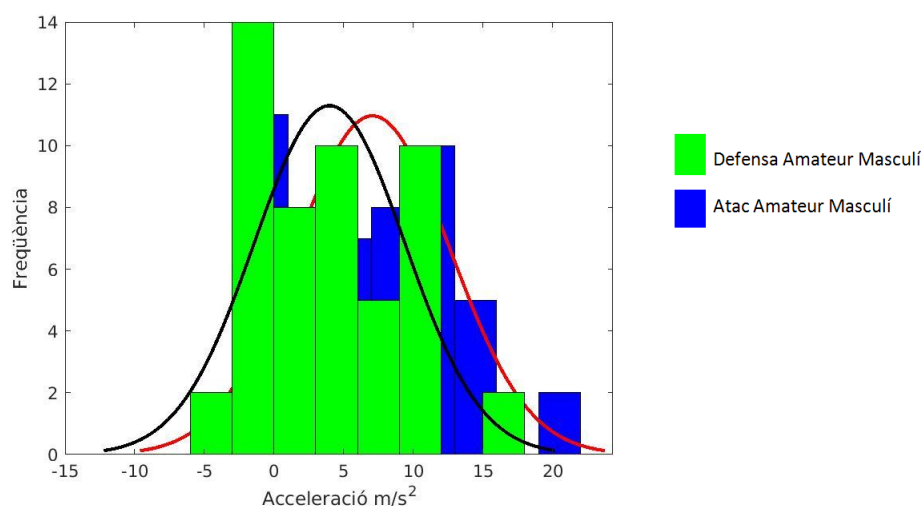


Figura 6.BB Histogrames atac i defensa d'un amateur masculí superposats (Font: Elaboració pròpia)

La distribució de la t-Student en aquest cas ens retorna $h=1$. Aquest valor ens indica que les dues mostres analitzades disten entre elles més d'un 5%.

L'interval de confiança en la comparació d'una defensa amb una acció ofensiva en un jugador amateur és $[2,86 \ 3,30]$. Aquest interval, si el comparem amb l'interval de confiança entre les dues accions en un professional, es pot afirmar que és lleugerament més baix.

PROFESSIONAL MASCULÍ VS PROFESSIONAL FEMENÍ

ATAC PROFESSIONAL MASCULÍ VS ATAC PROFESSIONAL FEMENI EN EIX Z

Comprovarem si les medianes de les dues accions estudiades diferencien més del 5%. Ens centrarem en els eixos Z.

Les barres de color verd representen l'histograma de l'acció d'atac masculina, i les barres de color blau l'acció atacant femenina.

En l'histograma superposat, l'acció masculina en Z, al tenir molta més acceleració, oculta les barres de l'acció femenina.

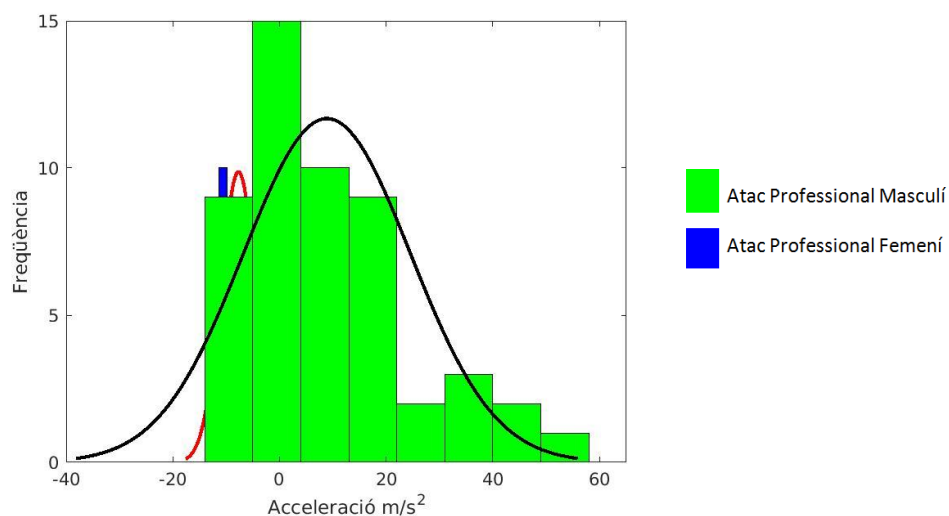


Figura 6.CC Histogrames atac d'un professional masculí i professional femení superposats (Font: Elaboració pròpia)

La distribució de la t-Student en aquest cas ens retorna $h=1$. Aquest valor ens indica que les dues mostres analitzades disten entre elles més d'un 5%. En aquest cas, a simple vista, ja es pot veure com les mitjanes disten entre elles.

L'interval de confiança en la comparació d'una defensa amb una acció ofensiva en un jugador amateur pren és $[-20,09 \ -13,07]$.

DEFENSA PROFESSIONAL MASCULÍ VS DEFENSA PROFESSIONAL FEMENI EN EIX Z

Comprovarem si les medianes de les dues accions estudiades diferencien més del 5%. Ens centrarem en els eixos Z.

Les barres de color verd representen l'histograma de l'acció defensiva masculina, i les barres de color blau l'acció defensiva femenina.

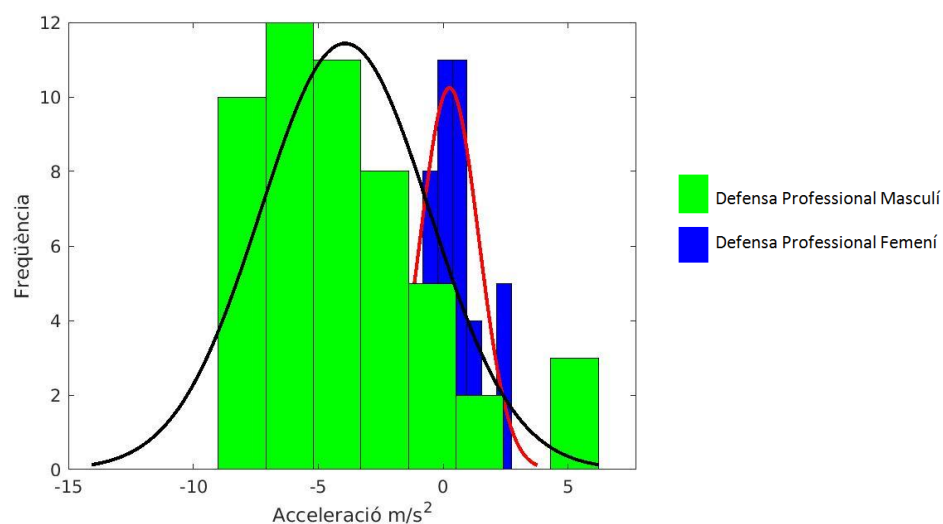


Figura 6.DD Histogrames defensa d'un professional masculí i professional femení superposats (Font: Elaboració pròpia)

La distribució de la t-Student en aquest cas ens retorna $h=1$. Aquest valor ens indica que les dues mostres analitzades disten entre elles més d'un 5%. En aquest cas, a simple vista, ja es pot veure com les mitjanes disten entre elles.

L'interval de confiança en la comparació d'una defensa amb una acció ofensiva en un jugador amateur pren és $[3,53 \ 4,81]$.

6.3.3. Anàlisi global de les accions de joc.

En primer lloc, es recorda la direcció i sentit dels eixos utilitzats. En la Fig. 6.EE l'eix vertical Y no està representat, ja que amb l'estudi s'ha vist que aquest eix en les accions estudiades hi ha molt poca acceleració.

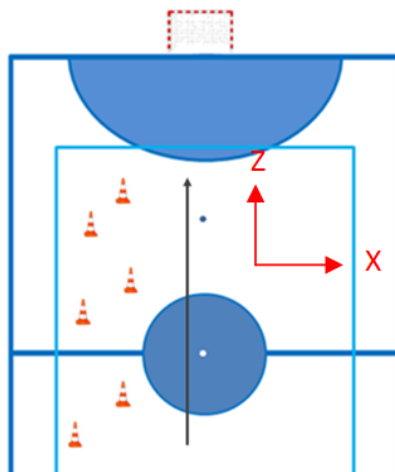


Figura 6.EE Eixos usats al llarg del treball (Font: Elaboració pròpia)

En les jugades dissenyades per estudiar acceleracions en l'hoquei he pogut extreure el següent.

EIX X

En l'eix X, en les jugades dels professionals, hi ha molta diferència entre les accions ofensives i defensives. Aquesta diferència es veu reflectida en les mitjanes aritmètiques de les acceleracions i en la distància entre el valor màxim i el valor mínim.

En aquest mateix eix, també es troba diferència entre les accions ofensives i defensives d'un jugador amateur, però aquesta diferència no és tan clara com en l'hoquei professional. La distribució de t-Student, fent una comparació en un amateur masculí, entre una jugada ofensiva i una defensiva ens retorna $h=0$. Tot i tenir valors màxims d'acceleració que distaven, la distribució ens diu que les dues mostres no diferenciaven.

En els gràfics en l'eix X,s' observa molt més moviment en una acció ofensiva que defensiva, obtenint molts més pics en una acció ofensiva.

Amb una professional femenina si es fa una comparació entre les dues accions si que diferencien, per tant ens retorna $h=0$. El mateix passa si comparem l'eix X amb un professional masculí.

EIX Y

Les acceleracions en les accions de joc en l'eix Y són pràcticament iguals a l'acceleració de la gravetat. Aquest efecte té l'explicació que al transcurs del partit no mouen l'estic en l'eix vertical, fas moviment en els eixos X i Z, per tal d'intentar robar la pilota al teu contrincant, exceptuant si és volgués realitzar un xut. Per tant, en aquesta coordenada no es pot extreure cap resultat que ens ajudi a donar resposta a la hipòtesi, però si dona resultat a l'explicació de com és mou un estic a l'hora de defensar.

EIX Z

Finalment l'eix Z segueix el comportament de l'eix X. Les mitjanes aritmètiques i les distàncies entre valors màxims i mínims en jugadors i jugadores professionals ens diuen que hi ha diferència significativa entre atacar o defensar, sempre parlant de valors màxims d'acceleració en l'estic d'hoquei. En el cas del jugador amateur masculí no s'observa tanta diferència entre les dues accions de joc.

En aquest eix, la distribució de t-Student ens indica que entre una acció ofensiva i una acció defensiva hi ha diferència. Entre una acció d'atac professional i una acció amateur, ambdós casos en esport masculí, la t-Student ens retorna $h=0$, per tant no hi ha diferència. És amb l'únic cas, ja que en aquest mateix eix i en aquesta mateixa condició les mostres si que diferencien entre elles en accions defensives.

En les comparacions anteriors, en totes la t-Student ens informava que una acció d'atac amb una de defensa hi ha diferència. Les medianes, com més diferencien, el vector de l'interval de confiança és més gran.

Entre una jugadora professional i un jugador amateur. En el transcurs de la jugada d'atac hi ha més moviments d'estic i amb més acceleració en el joc d'amateurs, però en situacions claus i esporàdiques les jugadores professionals poden arribar a moure l'estic en l'eix Z a $33,66 \text{ m/s}^2$ en valor absolut mentre que un jugador amateur en valor absolut com he dit abans fins a $32,13 \text{ m/s}^2$. La distribució de t-Student ho corrobora retorna'n el valor $h=1$, que per tant està amb acord en què les mostres disten.

En les accions defensives també es pot observar com les mostres diferencien entre un jugador professional i un jugador amateur. En les jugades hi ha més moviments en els tres eixos en l'hoquei amateur. Una possible explicació és que en l'hoquei amateur, al tenir menys tècnica i menys experiència realitzen molts moviments sense cap idea clara, i d'aquesta manera gasten energia que podria ser que més endavant necessitessin.

CONCLUSIONS

Gràcies a la distribució de t-Student, ens retorna el valor h , i aquest valor, d'una manera ràpida ens indica si diferencien les dues mostres analitzades.

S'ha pogut donar resposta a la hipòtesi inicial en què hi havia diferència entre una acció ofensiva i defensiva. Inicialment no estava equivocat. En una acció ofensiva hi ha més acceleració que en una de defensiva, exceptuant l'eix Y. En l'eix vertical, en una acció defensiva i ofensiva no hi realitzes acceleracions. En aquest cas, com s'ha explicat no hi havia diferència entre atacar o defensar en acceleracions. Ambdós casos l'acceleració en l'eix Y era molt propera a l'acceleració de la gravetat.

En totes les jugades estudiades la desviació estàndard tenia el mateix comportament. La desviació estàndard sempre era més petita en les accions defensives que ofensives. Una possible explicació a aquest fet és que en les accions defensives els valors d'acceleracions eren molt més petits que les acceleracions en un atac. En ser valors més petits, distaven menys uns respecte als altres, això feia que a l'hora de calcular la desviació estàndard tots els valors eren força propers i d'aquesta manera la desviació estàndard tenia un valor més baix.

A totes les distribucions amb t-Student i analitzant les accions de joc, es pot afirmar que hi ha diferència entre els diferents nivells d'esportista. L'excepció es troba en el cas entre un atac amateur i un de professional, tot i tenir mitjanes i medianes més altes en el professional, aquestes medianes no distaven més del 5%, i d'aquesta manera, la distribució de t-Student ens retorna $h=0$, essent aquest valor un indicatiu que no diferencien.

No hi ha una explicació científica per determinar el perquè hi ha més acceleració en l'eix Z o en l'eix X al transcurs d'una jugada. Els moviments d'un defensa o d'un atacant van guiats pel moviment que fa el jugador que té a davant. En funció de l'espai que deixi aquest jugador, l'altre l'aprofitarà. D'aquesta manera hi haurà jugades o moviments on l'acceleració agafarà presència en l'eix X i altres jugades on la màxima acceleració la trobarem en l'eix Z.

7. Anàlisi de l'impacte ambiental

Al llarg del desenvolupament del projecte, l'impacte ambiental és mínim, ja que el xip electrònic no genera residus duran el seu ús. L'acceleròmetre indirectament consumeix energia elèctrica. Aquesta poca energia que consumeix és fruit de carregar al corrent elèctric un cop s'ha exhaurit la bateria a la pila. L'impacte ambiental durant el desenvolupament del projecte és mínim.

Tal i com he dit anteriorment, en ser un xip informatitzat amb una bateria de Ni-MH hem de ser molt conscients del tòxic que pot ser aquest dispositiu si no el reciclem correctament, ja que a la llarga, aquests materials poden ser perjudicials per la nostra salut.

El xip està compost de coure, alumini, plàstics i silici.

Cada any a Espanya, es generen 200.000.000 de quilograms de brossa electrònica, on el 90% d'aquesta acaba en abocadors inadequats

L'acceleròmetre forma part del conjunt dels RAEE.

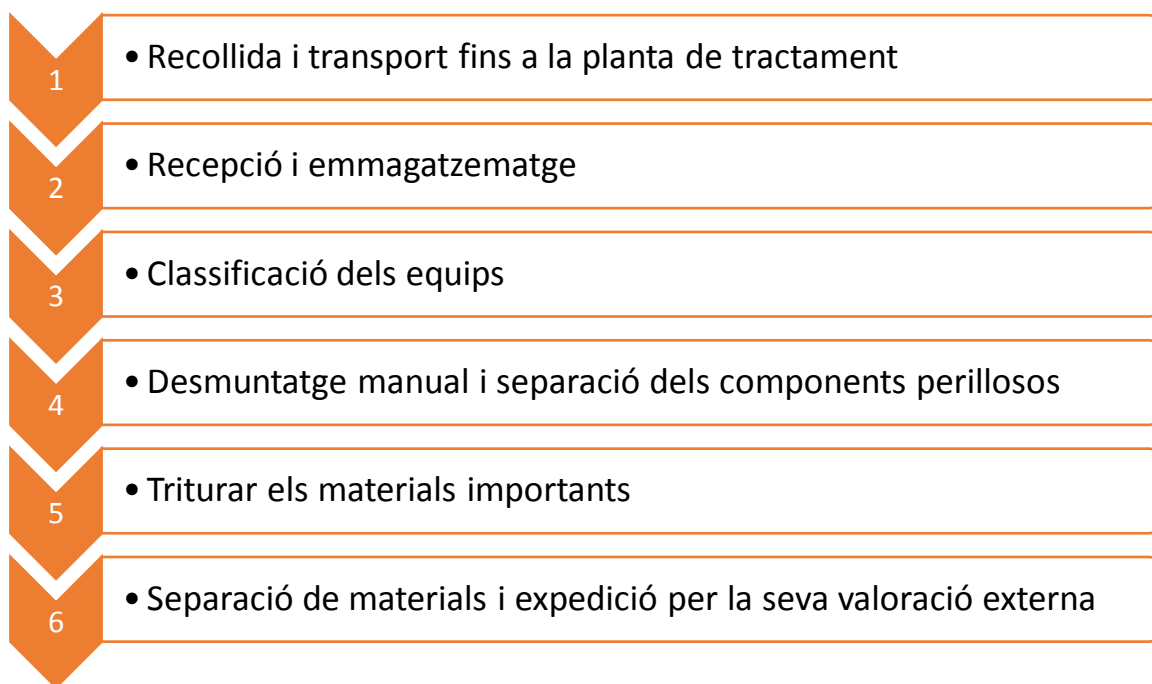
A dintre el grup RAEE entrarien tots els residus dels aparells elèctrics i electrònics, els seus materials, components i els seus subconjunts. Un aparell electrònic o elèctric és aquell aparell que per treballar necessita una font d'alimentació, aquesta font ha de ser <1000V AC i <1500V CC. També s'anomenen RAEE els aparells necessaris per generar, transmetre i mesurar els corrents .

A dins els RAEE podem trobar electrodomèstics, equips informàtics, màquines expendedores, eines elèctriques, videoconsoles, instruments de vigilància i control, petits electrodomèstics...

Segons el Real Decret 110/2015 obliga a les empreses fabricadores d'aparells electrònics adoptar les mesures necessàries perquè els residus d'aquests aparells, comercialitzats per ells disposin de sistemes de recollida selectiva i tinguin una correcta gestió ambiental. Aquesta normativa també cau a sobre dels usuaris dels aparells RAEE, ja que la responsabilitat cau sobre cada un de nosaltres sobre el futur reciclatge.

Actualment la llei obliga a tots els comerços que venen piles i bateries a d'acceptar sense cap càrrec addicional la devolució de les piles i bateries usades, sense l'obligació de comprar nous productes.

Un cop recollits els RAEE es canalitzen a les diverses plantes de tractament en funció de les necessitats específiques. Normalment tots els RAEE segueixen el mateix procés de separació dels diferents components.



Segons l'antic Real Decret 208/2005 a Catalunya hi ha 8 punts de SIG autoritzats per la recollida de RAEE. Un SIG és un sistema integrat de gestió. Un SIG és l'encarregat de recollir els residus, transportar, guardar i reciclar. Aquests 8 punts actualment es troben en procés d'adaptació al règim del nou Real Decret 110/2015.

Conclusions

Després del disseny i l'estudi d'acceleracions amb la implementació del sistema de mesura d'acceleracions es pot concloure diferents hipòtesis.

El disseny realitzat de l'estic, es creu que de les possibles solucions al problema, és la més econòmica i senzilla a l'hora d'implementar el sistema. El disseny més còmode, possiblement seria incorporar l'acceleròmetre a dins l'estic. Però com s'ha explicat en el seu moment, per tema durabilitat i tema econòmic no és una solució viable al problema.

La implementació d'aquest sistema pot tenir dues finalitats. La primera per l'espectador saber a quina acceleració mouen els seus jugadors preferits l'estic al transcurs d'un partit. La segona, és per l'entrenador, per realment saber com mouen l'estic els seus jugadors.

Aquesta segona finalitat, milloraria molt la tècnica dels jugadors. Com s'ha explicat en l'apartat d'estudi de patrons en el xut, molts jugadors amateurs no tenen les infraestructures necessàries per obtenir informació del seu xut i de què necessiten millorar. La implementació d'un acceleròmetre, amb un entrenador capacitat per analitzar i entendre les dades mesurades, serviria a molts jugadors per saber els paràmetres de moviment que han de millorar per tal d'obtenir beneficis en la tècnica de xut. Inicialment, no es tenia la hipòtesi en què amb la implementació d'aquest sistema, es podria reconèixer la tècnica de xut d'un esportista. Tampoc es tenia l'objectiu de trobar un patró de xut que ens mostres la tècnica dels jugadors i ens diferencies entre professionals i amateurs, però durant el transcurs del treball s'ha pogut visualitzar aquest comportament.

L'objectiu de comprovar si durant la implementació hi ha diferències entre els diferents esportistes es compleix, ja que si hi ha diferències entre els diferents nivells d'esportistes analitzats.

En l'estudi de l'anàlisi exploratori de xuts, es pot observar que un jugador professional mou amb més acceleració l'estic que un amateur i que una jugadora professional.

Com s'ha dit en el seu moment, hi pot haver excepcions, i un jugador amateur pot realitzar un llançament a porteria movent l'estic amb més acceleració que un professional, en aquest treball, no s'ha trobat aquesta excepció. En l'estudi de patrons, s'ha pogut observar que els professionals tenen més tècnica que els amateurs. Aquest concepte ho hem llegit de l'inclinació de graus de l'acceleròmetre respecte a l'eix Z.

La hipòtesi inicial que es va formular, en què atacant hi havia més acceleracions que defensant s'ha pogut observar que en els eixos X i Z. En aquests eixos si es té el comportament que inicialment

s'intuïa. Pel que fa a l'eix Y, hi ha la mateixa acceleració defensant que atacant, amb valors molt propers a la gravetat.

En els eixos X i Z s'ha pogut observar que atacant hi ha més acceleracions que defensant. Aquesta premissa, en l'hoquei professional es pot observar clarament. En l'hoquei amateur, els eixos X i Z tenen el mateix comportament, però la diferència d'acceleracions entre defensar i atacar no és tan visible.

Es considera que la implementació d'aquest sistema de mesura d'acceleracions només és vàlid en sènior. En professionals la implementació és correcte i no porta discrepàncies. En amateur, els resultats no eren tant clars com en jugadors professionals, però es poden considerar com a vàlids. En categories d'hoquei base, és a dir, hoquei en etapa de formació es considerarien com a resultats no vàlids. Una possible explicació és la tècnica en el transcurs d'una acció de joc. Al no tenir la tècnica suficient, ni tampoc l'experiència podria portar a resultats incoherents. Una altra raó per no proposar aquesta implementació en hoquei de formació és que en edats molt joves, l'esportista no té la força i tampoc l'agilitat que un sènior disposa. Aquesta problemàtica es veuria relaxada amb valors molt petits d'acceleració tant en xuts com en accions de joc.

Pressupost i/o Anàlisi Econòmica

El pressupost es divideix en els següents subgrups:

- Components: Es detallen cadascun dels components implementats, el nombre d'unitats, el preu unitari i el cost total individual dels components empleats.
- Treball d'enginyeria: Es detallen totes les hores empleades per desenvolupar el projecte. Es detallen les hores físiques extreien dades, les hores dedicades a analitzar i estudiar els resultats i les hores en dissenyar el sistema. El sou brut estipulat pels enginyers és de 32€/hora, i això se li suma l'import per Seguretat Social, aproximadament d'un 30%.
- Transport: Es detallen tots els quilòmetres desplaçats per dur a terme el treball. Aquest import és de 0,3€/km.
- Softwares. Es detallen tots els softwares usats al llarg del projecte.

Components

Concepte	Quantitat	Preu unitari (€)	Cost(€)
Acceleròmetre WitMotion BT6050	1u.	33,5	33,50
Bateria 3.6V	2u.	1,79	3,58
FU-CPAA300	1u.	12,70	12,70
Cinta 3m/1,5m negra	2u.	2,65	5,30
Cables	2u.	0,82	1,64
TOTAL COMPONENTS			56,72

Treball d'enginyeria

Concepte	Quantitat	Preu unitari (€/hora)	Cost(€)
Hores enginyeria recollint dades	30 hores	32	960
Hores enginyeria anàlisis i estudi de dades	400 hores	32	12.800
Hores disseny	70 hores	32	2.240
TOTAL ENGINYERIA	500 hores	32	16.000
	Seguretat Social	+30%	20.800
TOTAL			20.800

Transport

Concepte	km	Preu unitari (€)	Cost(€)
Transport	330	0,3	99
TOTAL TRANSPORT			99

Software

En aquest apartat considerem els Softwares utilitzats al llarg del projecte. Al llarg del projecte s'ha treballat amb Windows i amb MATLAB. El preu de la llicència d'aquests dos Softwares és de 2000 euros.

RESUM PRESSUPOST

Concepte	Cost(€)
Components	56,72
Enginyeria	20.800
Transport	99
Softwares	2.000
TOTAL	22.955,72

Bibliografia i Webgrafia

- [1] Santos-Lozano, A. i Garatachea, N., 2012. Tendencias actuales de la acelerometria para la cuantificación de la actividad física. *Revista Iberoamericana de ciencias de la actividad física y el deporte*. Agost del 2012, p. 24-32 Codi UNESCO 5802.99
- [2] <https://cl.omega.com/prodinfo/acelerometro.html>
- [3] <http://espanarecicla.es/sig/>
- [4] <http://www.ecotic.es/es/246570/Reciclaje.htm>
- [5] <http://www.rollersports.org/about-firs>
- [6] <https://www.medicalalertadvice.com/resources/accelerometer-applications/>
- [7] http://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/recollida_selectiva/sistemes_integrats_de_gestio/sistema_integrat_de_gestio_sig/
- [8] <http://www.cers-rinkhockey.eu/>
- [9] <http://fep.es/website/index.asp>
- [10] http://residus.gencat.cat/ca/ambits_dactuacio/tipus_de_residu/residus_daparells_electrics_i_electronics_raee/

Annex A – Manual d'ús de l'acceleròmetre

Aquest Annex està compost pel manual d'ús de l'acceleròmetre.

Aquest manual d'ús, engloba tan l'ús del dispositiu com us del software per extreure dades i visualitzar gràfiques i diferents paràmetres.



<http://www.wit-motion.com>

JY901M/61PM USER MANUAL

SPECIFICATION



Model : BWT901CL

Description : Nine axis Bluetooth attitude angle sensor

Production Standard

Enterprise quality system standard: ISO9001:2016

Tilt switch production standard: GB/T191SJ 20873-2016

Criterion of detection: GB/T191SJ 20873-2016

Revision date: 2017.11.27

Tel: (+86)755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com



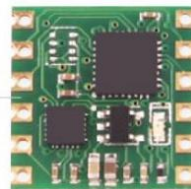
<http://www.wit-motion.com>

1 Description

The internal voltage stability circuit inside the module, voltage is 3.3v-5v. Pin level is RS485 level, using MODBUS protocol.

Reminder: The built-in module chip of this product is JY901, For detailed parameters, please refer to the instructions of JY901.

built-in core module JY901



2 Product Parameters

- 1) Voltage: 3.3V-5V
- 2) Current: <40mA
- 3) Volume: 51.3mm X 36mm X 15mm
- 4) Measuring dimensions: Acceleration: 3D Angular Velocity: 3D Attitude angle: 3D Magnetic field: 3D Atmospheric pressure: 1D GPS: 3D
- 5) Range: Acceleration: $\pm 16g$, angular velocity: $\pm 180^\circ$
- 6) Stability: Acceleration: 0.01g, angular speed $0.05^\circ/s$
- 7) Attitude stabilization measurement: 0.01°
- 8) Data output: time, acceleration, angular velocity, angle, field, port status, pressure (JY-901B), height (JY-901B), latitude and longitude (to be connected to GPS), ground speed (to be connected to GPS).
- 9) The data output frequency 0.1Hz to 200Hz.

Tel: (+86) 755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com



<http://www.wit-motion.com>

3 Pin Description



As shown in figure above, The axis of the module is in the upper picture, upward for x-axis, to the left for y-axis, Perpendicular to the paper, outward is z-axis, The direction of rotation is defined by the Law of the right hand. That is to say The direction of four-fingers bending is the direction of rotation around the axis. The thumb of the right hand points to axis.

4 Hardware Connection

4.1 Hardware Connection

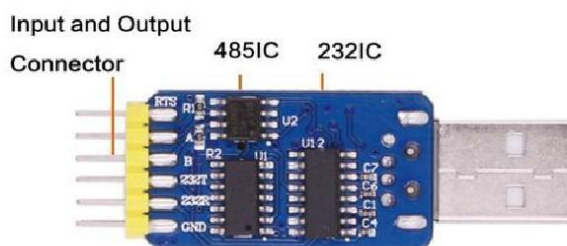
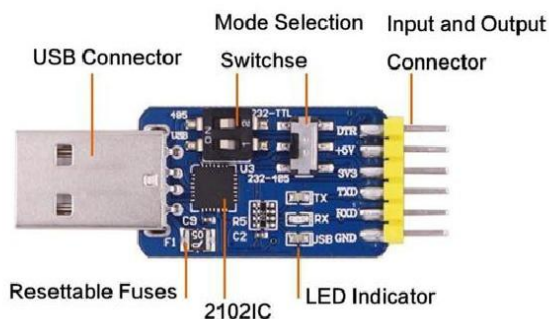
When connected to the PC software, you need a USB -TTL module. Recommend the following USB -TTL module:

https://www.amazon.com/USB-TTL-232-converter-serial/dp/B01CNW061U/ref=sr_1_4?ie=UTF8&qid=1511753274&sr=8-4&keywords=witmotion

Tel: (+86) 755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com



<http://www.wit-motion.com>



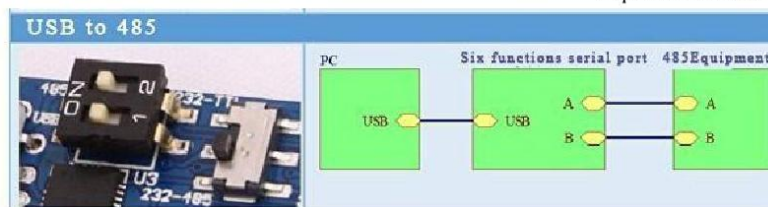
1. Serial debugging artifacts: set switch 1 to ON, set switch 2 to (silk)485, switch S1 dial to the lower (near the figure near "232-485" silk screen), VCC TX RX GND of the module connected to +5V/3.3V RX TX GND of the serial module respectively.

Dip switch diagram:

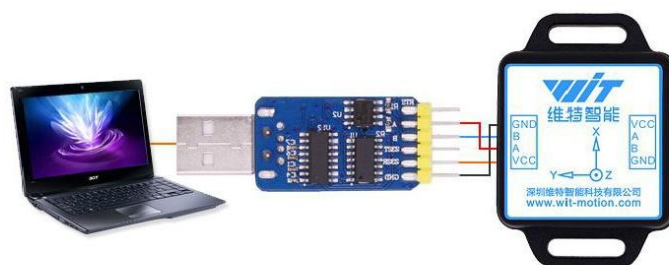
Tel: (+86) 755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com



<http://www.wit-motion.com>



PC - serial port - module connection diagram:



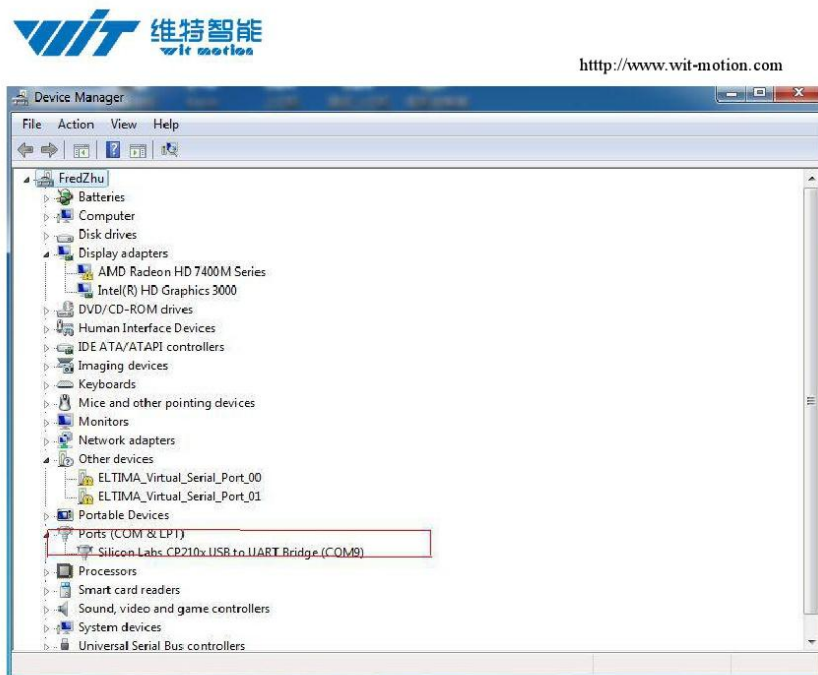
5 Software Operation

5.1 Driver installation

Fisrt, install the driver CP210X when we used the USB serial module ,after installed the driver. then get the corresponding Com number in the device manager. Driver as followed:

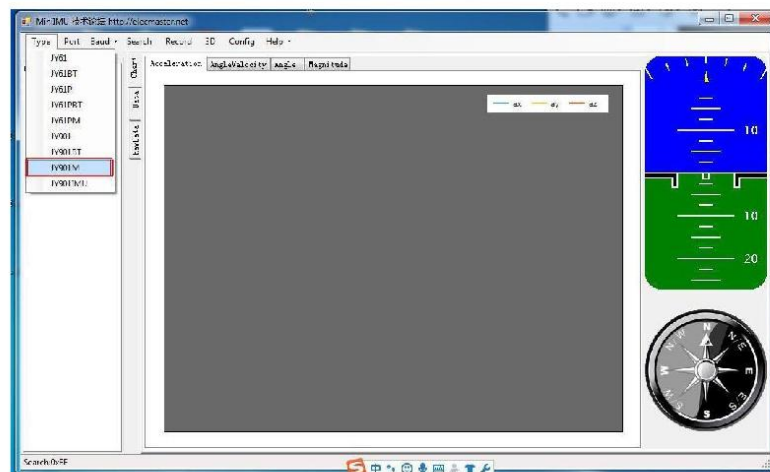
<http://pan.baidu.com/s/1o6R1eae?frm=fujian>

Tel: (+86) 755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com



Connect through PC software

Open the software MiniIMU.exe and then click the menu "Type", Select the model as JY901M in the software.

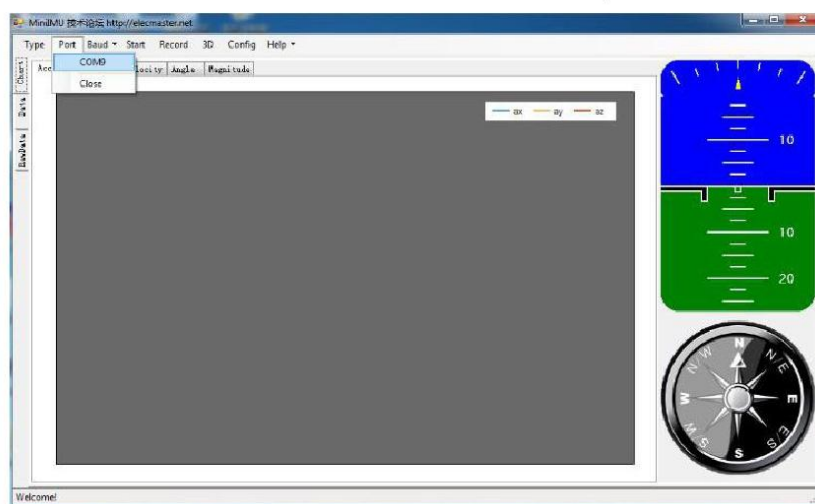


Select the Com number which you have got in the device manager before.

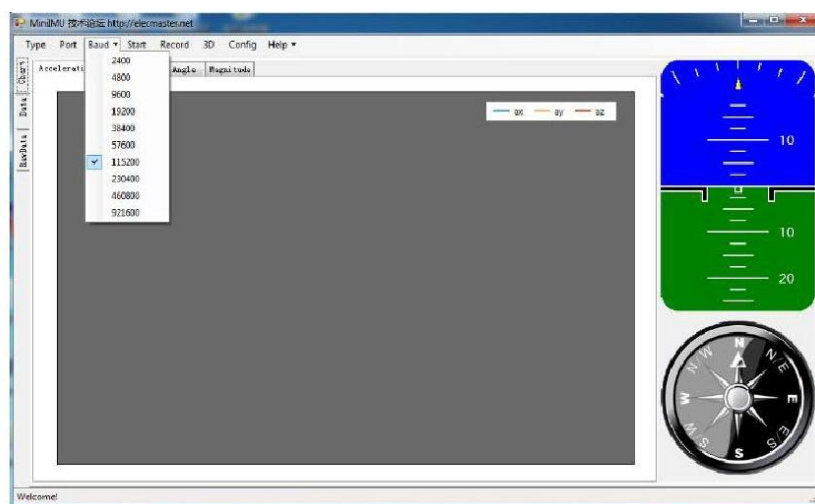
Tel: (+86) 755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com



<http://www.wit-motion.com>

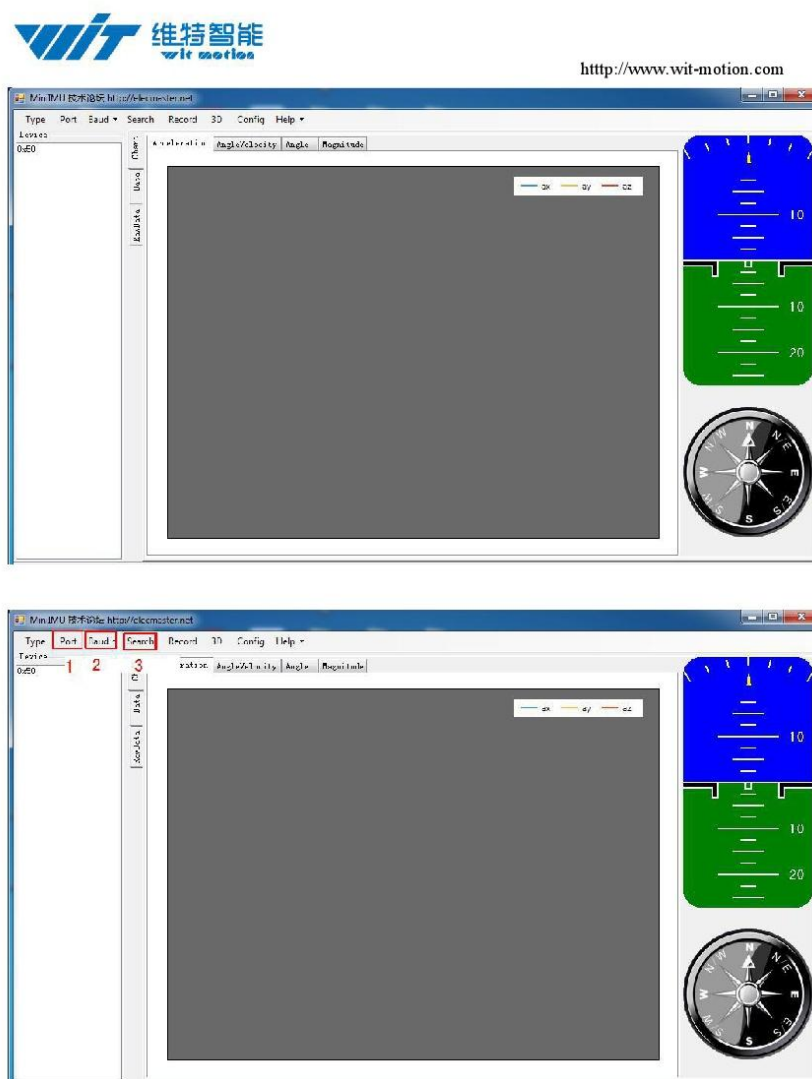


Click the menu "Baud" in the software and then select 9600.



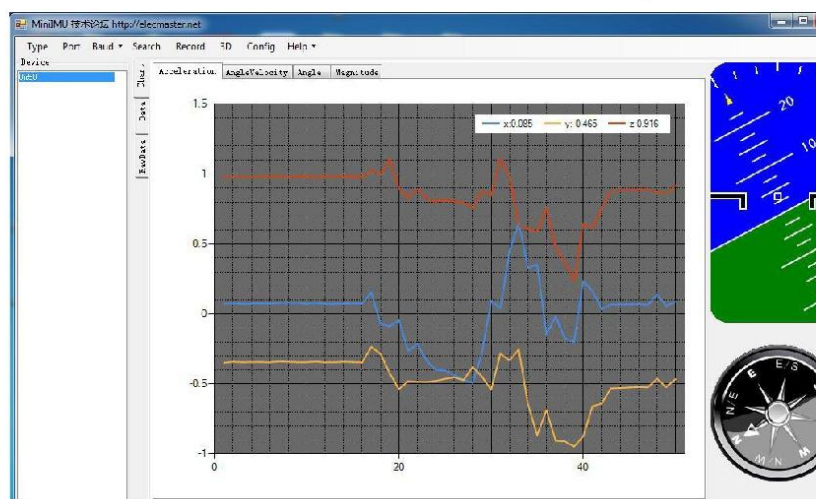
Click the "Search" and search for the device.

Tel: (+86) 755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com



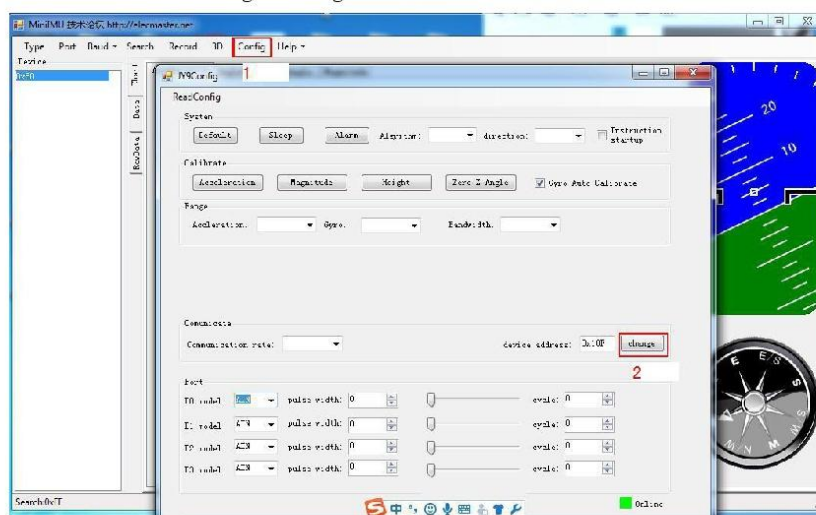
Select the device 0x50, click the icon to display the waveform, click the data to display the data.

Tel: (+86) 755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com


<http://www.wit-motion.com>


5.2 Set MODBUS Address

The module MODBUS communication address defaults to 0x50, which can be changed by software. To set MODBUS address of module, must based on the correct connection between software and module, input the new MODBUS address(hex) in the “Config→device address” in the “Config→device address” of the software and click ‘change’ to change the MODBUS address.



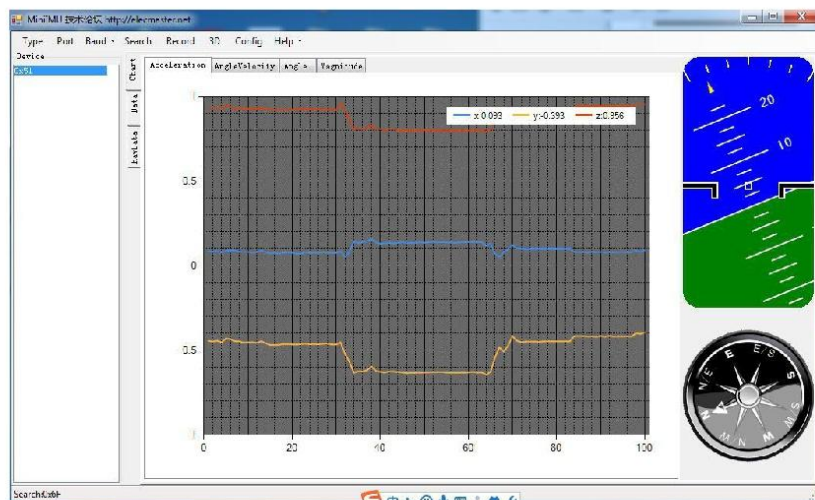
Reminder: After change the address, the address of the module won't change at a first time, it

Tel: (+86) 755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com



<http://www.wit-motion.com>

doesn't work until you search for it.



5.3 Multiple Modules Cascade

Support multiple modules cascade, PC software can see the data of multiple devices.

Reminder; When you want to run several devices, please set all your device as different address. Refer to 5.1 and 5.2

5.3.1 Hardware Connection



Reminder: Please check up the hardware connection(VCC-VCC A-A B-B GND-GND)

Tel: (+86) 755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com


<http://www.wit-motion.com>

6 MODBUS communication protocol

Level: 485 level (not RS232 level, if connected to RS232 level may cause damage to module).

Bandrate: 2400、4800、9600、19200、38400、57600、115200(默认)、230400、460800、921600, Stop bit 1, parity bit 0.

JY-901 module can be accessed through 485, default address is 0x50, and you can change the address by sending serial instruction or MODBUS writing address. 485 bus can be linked to a number of jy901 module, but please change the MODBUS address of the module as different address first.

1. MODBUS Host write from machine data format:

Device address	0x06	regH	regL	dataH	dataL	CRCH	CRCL
0x50 (default)	Write core	Register high bite	Register low bite	Data high bite	Data low bite	CRC parity high bite (0x00)	CRC parity low bite(0x00)

Reminder: Device address (modbus address) can be changed according to 5.2, the default address of the module is 0x50, user can change it by its needs, device address range: 0x00-0xFF.

Set the band rate and return rate as this format

1) Set band rate:

dataH:0x00

dataL

0x00: 2400

0x01: 4800

0x02: 9600

0x03: 19200

0x04: 38400

0x05: 57600

0x06: 115200 (Default)

0x07: 230400

0x08: 460800

0x09: 921600

For example:

0x50 0x06 0x00 0x04 0x00 0x02 0x00 0x00 set band rate as 9600;

0x50 0x06 0x00 0x04 0x00 0x01 0x00 0x00 set band rate as 4800;

Change other, refer to the host write from the machine data format, dataL content is the same as the content of the JY-901 communication protocol.

Tel: (+86) 755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com





<http://www.wit-motion.com>

2. MUDBUS Host reads from the machine data format

Device address	0x03	regH	regL	regNumH	regNumL	CRC H	CRC L
0x50 (default)	Read core	First register high bite address	First register low bite address	Register number high bite	Register number low bite	0x00	0x00

For example:

Read X Y Z angle:

0x50 0x03 0x00 0x3d 0x00 0x03 0x00 0x00

3. Answer the data format from the machine:

0x50	0x03	0xN	DataH	DataL	...	CRCH	CRCL
Device	Read core	Register byte number N=(0-0xFF)	First data high byte	First data low byte	...	CRC parity high byte	CRC parity low byte

For example:

Read X Y Z angle: 180° 90° 30°

0x50 0x03 0x06 0x80 0x00 0x40 0x00 0x15 0x55 0x00 0x00

2. All the address of the data are 16decimal, and 2 byte. The address and meanings of the register are as follows:

RegAddr	Symbol	Implication
0x00	SAVE	Save current configuration
0x01	CALSW	Calibration
0x02	RSW	Return data content
0x03	RATE	Return data rate
0x04	BAUD	Serial port band rate
0x05	AXOFFSET	X axis acceleration null bias
0x06	AYOFFSET	Y axis acceleration null bias
0x07	AZOFFSET	Z axis acceleration null bias
0x08	GXOFFSET	X axis angular velocity null bias
0x09	GYOFFSET	Y axis angular velocity null bias
0x0a	GZOFFSET	Z axis angular velocity null bias
0x0b	HXOFFSET	X axis magnetic null bias
0x0c	HYOFFSET	Y axis magnetic null bias
0x0d	HZOFFSET	Z axis magnetic null bias

Tel: (+86) 755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com


<http://www.wit-motion.com>

0x0e	D0MODE	D0 mode
0x0f	D1MODE	D1 mode
0x10	D2MODE	D2 mode
0x11	D3MODE	D3 mode
0x12	D0PWMH	D0PWM High - level width
0x13	D1PWMH	D1PWM High - level width
0x14	D2PWMH	D2PWM High - level width
0x15	D3PWMH	D3PWM High - level width
0x16	D0PWMT	D0PWM period
0x17	D1PWMT	D1PWM period
0x18	D2PWMT	D2PWM period
0x19	D3PWMT	D3PWM period
0x1a	IICADDR	IIC address
0x1b	LEDOFF	Turn off LED
0x1c	GPSBAUD	GPS bandrate
0x30	YYMM	Year,month
0x31	DDHH	Day,hour
0x32	MMSS	Minute,second
0x33	MS	millisecond
0x34	AX	X axis acceleration
0x35	AY	Y axis acceleration
0x36	AZ	Z axis acceleration
0x37	GX	X axis angle velocity
0x38	GY	Y axis angular velocity
0x39	GZ	Z axis angular velocity
0x3a	HX	X axis magnetic
0x3b	HY	Y axis magnetic
0x3c	HZ	Z axis magnetic
0x3d	Roll	X axis angle
0x3e	Pitch	Y axis angle
0x3f	Yaw	Z axis angle
0x40	TEMP	Module temperature
0x41	D0Status	Port D0 state
0x42	D1Status	Port D1 state
0x43	D2Status	Port D2 state
0x44	D3Status	Port D3 state
0x45	PressureL	Pressure low byte
0x46	PressureH	Pressure high byte
0x47	HeightL	Height low byte
0x48	HeightH	Height high byte
0x49	LonL	Longitude low byte

Tel: (+86) 755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com



<http://www.wit-motion.com>

0x4a	LonH	Longitude high byte
0x4b	LatL	Latitude low byte
0x4c	LatH	Latitude high byte
0x4d	GPSHeight	GPS height
0x4e	GPSYaw	GPS course angle
0x4f	GPSVL	GPS GND velocity low byte
0x50	GPSVH	GPS GND velocity high byte
0x51	Q0	Quaternion Q0
0x52	Q1	Quaternion Q1
0x53	Q2	Quaternion Q2
0x54	Q3	Quaternion Q3

Tel: (+86) 755-33185882 E-mail: wit@wit-motion.com Web: www.wit-motion.com

Annex B – Càlculs

Aquest Annex està compost pels càlculs dels errors absoluts i relatius de l'apartat 4.1 Estudi de posicionament de l'acceleròmetre.

POSICIÓ 1

$$\varepsilon_a = 51,32 - 40,67 = 10,64$$

$$\varepsilon_a = 44,10 - 40,67 = 3,42$$

$$\varepsilon_a = 46,95 - 40,67 = 6,27$$

$$\varepsilon_a = 42,27 - 40,67 = 1,58$$

$$\varepsilon_a = 40,67 - 35,45 = 5,22$$

$$\varepsilon_a = 40,67 - 32,36 = 8,31$$

$$\varepsilon_a = 42,11 - 40,67 = 1,43$$

$$\varepsilon_a = 40,67 - 38,15 = 2,52$$

$$\varepsilon_a = 41,72 - 40,67 = 1,04$$

$$\varepsilon_a = 40,67 - 32,34 = 8,33$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{10,64}{40,67} \right) \cdot 100 = 26,15\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{3,42}{40,67} \right) \cdot 100 = 8,42\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{6,27}{40,67} \right) \cdot 100 = 15,41\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{1,58}{40,67} \right) \cdot 100 = 3,90\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{5,22}{40,67} \right) \cdot 100 = 12,86\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{8,31}{40,67} \right) \cdot 100 = 20,46\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{1,43}{40,67} \right) \cdot 100 = 3,52\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{2,52}{40,67} \right) \cdot 100 = 6,20\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{1,04}{40,67} \right) \cdot 100 = 2,57\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{8,33}{40,67} \right) \cdot 100 = 20,48\%$$

POSICIÓ 2

$$\epsilon_a = 48,84 - 56,86 = -8,02$$

$$\epsilon_a = 56,86 - 56,86 = 0,00$$

$$\epsilon_a = 60,28 - 56,86 = 3,42$$

$$\epsilon_a = 56,86 - 53,19 = 3,67$$

$$\epsilon_a = 68,24 - 56,86 = 11,38$$

$$\epsilon_a = 62,96 - 56,86 = 6,10$$

$$\epsilon_a = 58,02 - 56,86 = 1,16$$

$$\varepsilon_a = 59,54 - 56,86 = 2,68$$

$$\varepsilon_a = 56,86 - 53,77 = 3,09$$

$$\varepsilon_a = 57,74 - 56,86 = 0,88$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{8,02}{56,86} \right) \cdot 100 = 14,11\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{10,80}{56,86} \right) \cdot 100 = 19,00\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{3,42}{56,86} \right) \cdot 100 = 6,01\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{3,68}{56,86} \right) \cdot 100 = 6,47\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{11,38}{56,86} \right) \cdot 100 = 20,01\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{6,09}{56,86} \right) \cdot 100 = 10,73\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{1,16}{56,86} \right) \cdot 100 = 2,04\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{2,68}{56,86} \right) \cdot 100 = 4,71\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{3,09}{56,86} \right) \cdot 100 = 5,45\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{0,88}{56,86} \right) \cdot 100 = 1,54\%$$

POSICIÓ 3

$$\epsilon_a = 95,31 - 93,25 = 2,06$$

$$\epsilon_a = 97,28 - 95,31 = 1,96$$

$$\epsilon_a = 95,31 - 90,63 = 4,67$$

$$\epsilon_a = 95,31 - 91,57 = 3,74$$

$$\epsilon_a = 100,86 - 95,31 = 5,54$$

$$\epsilon_a = 100,92 - 95,31 = 5,61$$

$$\epsilon_a = 101,53 - 95,31 = 6,21$$

$$\epsilon_a = 95,31 - 89,74 = 5,57$$

$$\epsilon_a = 95,31 - 88,30 = 7,02$$

$$\epsilon_a = 99,04 - 95,31 = 3,72$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{2,06}{95,31} \right) \cdot 100 = 2,6\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{1,96}{95,31} \right) \cdot 100 = 2,60\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{4,67}{95,31} \right) \cdot 100 = 4,90\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{3,74}{95,31} \right) \cdot 100 = 3,92\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{5,54}{95,31} \right) \cdot 100 = 5,81\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{5,61}{95,31} \right) \cdot 100 = 5,89\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{6,21}{95,31} \right) \cdot 100 = 6,52\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{5,57}{95,31} \right) \cdot 100 = 5,84\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{7,01}{95,31} \right) \cdot 100 = 7,35\%$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{3,72}{95,31} \right) \cdot 100 = 3,91\%$$

POSICIÓ 4

$$\varepsilon_a = 89,13 - 82,99 = 6,14$$

$$\varepsilon_a = 89,13 - 82,30 = 6,83$$

$$\varepsilon_a = 89,13 - 70,98 = 18,15$$

$$\varepsilon_a = 92,88 - 89,13 = 3,76$$

$$\varepsilon_a = 99,82 - 89,13 = 10,70$$

$$\varepsilon_a = 92,27 - 89,13 = 3,14$$

$$\varepsilon_a = 93,61 - 89,13 = 4,49$$

$$\varepsilon_a = 90,81 - 89,13 = 1,69$$

$$\varepsilon_a = 89,90 - 89,13 = 0,77$$

$$\varepsilon_a = 95,67 - 89,13 = 6,55$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{6,14}{89,13} \right) \cdot 100 = 6,88\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{6,83}{89,13} \right) \cdot 100 = 7,66\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{18,15}{89,13} \right) \cdot 100 = 20,36\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{3,76}{89,13} \right) \cdot 100 = 4,22\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{10,70}{89,13} \right) \cdot 100 = 12,01\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{3,14}{89,13} \right) \cdot 100 = 3,53\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{4,49}{89,13} \right) \cdot 100 = 5,03\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{1,69}{89,13} \right) \cdot 100 = 1,90\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{0,77}{89,13} \right) \cdot 100 = 0,87\%$$

$$\epsilon_r = \left(\frac{6,55}{89,13} \right) \cdot 100 = 7,35\%$$

Annex C – Codi MATLAB

Aquest annex està compost pel codi MATLAB que deixo facilitar la implementació del sistema de mesura d'acceleracions.

Aquest codi calcularà, quantil 0.95, mitjana del quantil, desviació estàndard, distància entre valor màxim i valor mínim, i la mediana.

Aquest codi dibuixarà les gràfiques, els histogrames i la corba gaussiana.

Les gràfiques les guardarà en una carpeta en format .jpg i els valors calculats en un fitxer .txt.

Codi per exportar fitxers Excel

```
folder='C:\Users\Usuari\Desktop\tfg\dades tfg\';
fitxers=dir([folder,filesep,'*.xlsx']);

qnts = zeros(1,3);
mean_quantile = zeros(1,3);
StDev = zeros(1,3);
Ranges = zeros(1,3);

for kfile=1:length(fitxers)

    mkdir(strcat(folder, 'resultats\ ', fitxers(kfile).name));

    fid = fopen(strcat(folder, 'resultats\ ', fitxers(kfile).name, '\output.txt'), 'w');

    fprintf('Reading %s', fitxers(kfile).name);
```



```

A = xlsread(fitxers(kfile).name);

for i = 2:1:4

    qnts(i-1) = quantile(A(:,i), 0.95);

    mean_quantile(i-1) = mean(A(A(:,i) > qnts(1),2));

    StDev(i-1) = std(A(:,i));

    Ranges(i-1) = max(A(:,i)) - min(A(:,i));

    Mediana (i-1) = median(A(:,i));

    qA = quantile(A(:,k3), 0.55);

    qB = quantile(B(:,k3), 0.55);


    vA = A((A(:,k3) > qA),k3);

    vB = B((B(:,k3) > qB),k3);

    vA = sort(vA); vB = sort(vB);

    vA = vA(end-25:end); vB = vB(end-25:end);

    f = figure('visible','off');

    h1 = histfit(vA); set(h1(1),'facecolor','b'); set(h1(2),'color','r');hold on;h2 = histfit(vB);
set(h2(1),'facecolor','g'); set(h2(2),'color','k');

    xlabel('Acceleració m\s^2'); ylabel('Freqüència');

    saveas(f, strcat(folder, 'comparacio\', fitxers(kfile).name, '-', fitxers(k2).name, '\grafic',
int2str(k3-1), '.jpg'));

    fid = fopen(strcat(folder, 'comparacio\', fitxers(kfile).name, '-', fitxers(k2).name, '\output',
int2str(k3-1), '.txt'), 'w');

    [h, ~, ci, ~] = ttest(vA,vB);

    fprintf(fid, 'H: %f\n ci: %f %f',h, ci);

```

```
f = figure('visible','off');  
plot(A(:,1), A(:,i)); xlabel('temps'); ylabel('acceleració');  
saveas(f, strcat(folder, 'resultats\', fitxers(kfile).name, '\P_', int2str(i-1), '.jpg'));
```

```
f2 = figure('visible','off');  
histfit(A(:,i)); xlabel('acceleració'); ylabel('frequencia');  
saveas(f2, strcat(folder, 'resultats\', fitxers(kfile).name, '\H_', int2str(i-1), '.jpg'));
```

```
end
```

```
fprintf(fid, 'Quantile: \n %f %f %f \n Mitjana Quantil: \n %f %f %f \n St. Dev: \n %f %f %f \n Ranges:  
\n %f %f %f \n Mediana: \n %f %f %f \n ', [qnts mean_quantile StDev Ranges Mediana]);
```

```
end
```

Codi per exportar fitxers txt

```
folder='C:\Users\Usuari\Desktop\tfg\dades tfg\';  
  
fitxers=dir([folder,filesep,'*.txt']);  
  
qnts = zeros(1,3);  
  
mean_quantile = zeros(1,3);  
  
StDev = zeros(1,3);  
  
Ranges = zeros(1,3);  
  
  
for kfile=1:length(fitxers)  
  
    mkdir(strcat(folder, 'resultats\', fitxers(kfile).name));  
  
    fid = fopen(strcat(folder, 'resultats\', fitxers(kfile).name, '\output.txt'), 'w');  
  
  
    fprintf('Reading %s', fitxers(kfile).name);  
  
    A = xlsread(fitxers(kfile).name);  
  
  
    for i = 2:1:4  
  
        qnts(i-1) = quantile(A(:,i), 0.95);  
  
        mean_quantile(i-1) = mean(A(A(:,i) > qnts(1),2));  
  
        StDev(i-1) = std(A(:,i));  
  
        Ranges(i-1) = max(A(:,i)) - min(A(:,i));  
  
        Mediana (i-1) = median(A(:,i));  

```

```

qA = quantile(A(:,k3), 0.55);

qB = quantile(B(:,k3), 0.55);

vA = A((A(:,k3) > qA),k3);

vB = B((B(:,k3) > qB),k3);

vA = sort(vA); vB = sort(vB);

vA = vA(end-25:end); vB = vB(end-25:end);

f = figure('visible','off');

h1 = histfit(vA); set(h1(1),'facecolor','b'); set(h1(2),'color','r');hold on;h2 = histfit(vB);
set(h2(1),'facecolor','g'); set(h2(2),'color','k');

xlabel('Acceleració m\s^2'); ylabel('Freqüència');

saveas(f, strcat(folder, 'comparacio\ ', fitxers(kfile).name, '-', fitxers(k2).name, '\grafic',
int2str(k3-1), '.jpg'));

fid = fopen(strcat(folder, 'comparacio\ ', fitxers(kfile).name, '-', fitxers(k2).name, '\output',
int2str(k3-1), '.txt'), 'w');

[h, ~, ci, ~] = ttest(vA,vB);

fprintf(fid, 'H: %f\n ci: %f %f', h, ci);

f = figure('visible','off');

plot(A(:,1), A(:,i)); xlabel('temps'); ylabel('acceleració');

saveas(f, strcat(folder, 'resultats\ ', fitxers(kfile).name, 'P_', int2str(i-1), '.jpg'));

f2 = figure('visible','off');

histfit(A(:,i)); xlabel('acceleració'); ylabel('frequencia');

```

```
saveas(f2, strcat(folder, 'resultats\ ', fitxers(kfile).name, '\H_', int2str(i-1), '.jpg'));
```

end

```
fprintf(fid, 'Quantile: \n %f %f %f \n Mitjana Quantil: \n %f %f %f \n St. Dev: \n %f %f %f \n Ranges: \n %f %f %f \n Mediana: \n %f %f %f \n ', [qnts mean_quantile StDev Ranges Mediana]);
```

end



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

**DISSENY I IMPLEMENTACIÓ D'UN SISTEMA DE MESURA PER
L'ESTUDI D'ACCELERACIONS EN HOQUEI**



Volum I

Plec de Condicions

Autor:	Nil Font Viñas
Director:	Raul Benitez Iglesias
Convocatòria:	Juny 2018

Índex

1.	INTRODUCCIÓ	1
2.	CONDICIONS TÈCNIQUES PARTICULARS	2
3.	NORMATIVA VIGENT A COMPLIR	4



1. Introducció

En aquest projecte l'objectiu no és fer un prototip per comercialitzar-lo. L'objectiu és dissenyar un prototip per poder realitzar la implementació del sistema de mesura per l'estudi d'acceleracions en diferents condicions.

Per poder realitzar la implementació amb totes les garanties òptimes, i per tant, obtenir resultats coherents que després es podran extreure conclusions clares necessitem complir amb un seguit de requisits.

2. Condicions tècniques particulars

Les condicions tècniques particulars a respectar per la correcta implementació es divideixen en dos apartats; Adquisició i Implementació mecànica.

ADQUISICIÓ

❖ Acceleròmetre:

- Per realitzar aquest projecte es necessita un acceleròmetre amb Bluetooth, per enviar les dades a temps real a un dispositiu que les pugui emmagatzemar.
- És necessari que l'acceleròmetre implementat en l'estudi tingui la capacitat de mesurar acceleracions en els tres eixos (eix X, eix Y i eix Z).
- Inicialment s'ha de comprovar que l'acceleròmetre està correctament calibrat i els valors que mesura són reals.

❖ Dispositiu per rebre dades

- Mentre l'acceleròmetre mesura dades, és necessari un altre dispositiu electrònic, per exemple, un smartphone, o un ordinador per emmagatzemar aquests valors mesurats a temps real.

IMPLEMENTACIÓ MECÀNICA

❖ Acceleròmetre:

- L'acceleròmetre anirà posicionat a l'estic, per tant, necessitem un acceleròmetre de reduïdes dimensions, d'uns 50x50mm com a màxim, per tal que no molesti durant el desenvolupament de l'estudi.

❖ Esportistes

- Tots els jugadors a qui es necessiti mesurar acceleracions han de ser jugadors amb molta experiència en l'esport de l'hoquei, ja que contràriament es podria obtenir resultats poc coherents. Aquesta implementació per comprovar si l'acceleròmetre mesura els moviments correctes i les dades extretes són vàlides no es pot realitzar amb una persona que no ha jugat mai a hoquei, ja que després els valors no serien reals.

- Abans de cada acció a estudiar, hi ha l'obligació d'explicar en els jugadors la seva tasca a realitzar i l'objectiu que volem arribar en el desenvolupament de l'acció.
- En un partit d'hoquei, hi ha moltes accions ofensives i defensives, i cada acció és diferent que l'anterior. Per poder realitzar un estudi de les acceleracions vàlid, és obligatori que l'anàlisi de les acceleracions sigui en la mateixa acció a estudiar. Arran d'això, s'ha de dissenyar una acció ofensiva i defensiva que servirà perquè els diferents jugadors i jugadores a estudiar realitzin la mateixa jugada, d'aquesta manera serà un estudi vàlid.

❖ Software

- Per extreure conclusions es necessita calcular diferents valors i paràmetres. Per això és necessari la llicència d'un software de càlcul.

❖ Posició

- Un requisit obligatori és col·locar l'acceleròmetre en la posició 3 de l'estic (vegeu apartat de la memòria 4.1.). És la posició on tindrem més bona qualitat de mesura i a on l'acceleròmetre mesurarà més acceleracions.

❖ Resultats

- És indispensable que l'estudi de resultats el realitzi una persona amb la capacitat de saber usar programes de càlcul i tingui capacitat per comprendre i decidir si els resultats són lògics i coherents.

3. Normativa vigent a complir

L'estic a dissenyar ha de complir amb les normatives vigents en l'hoquei per tal que sigui un instrument de joc reglamentari i pogui ser comercialitzat i fet servir per jugar partits sense cap impediment a tot el món.

La institució en l'àmbit mundial més important pel que fa als esports amb patins, és la FIRS.

La FIRS és la Federació internacional de *Roller Sports*, en l'àmbit mundial és la màxima institució pel que fa a esports on hi ha patins. Aquesta institució, engloba les normatives de la RFEP, que és la Real Federación Española de Patinaje i la CERH, que és el comitè Europeu d'hoquei sobre patins.

La CERH, està integrada dins la CERS. La CERS és la confederació Europea de Patinatge.

Pel que fa al disseny de l'estic, s'ha de complir amb la normativa;

Reglamento técnico de la FIRS, 1 d'agost del 2017

Concretament el capítol IV, on parla d'equipament, proteccions i instruments utilitzats pels jugadors.

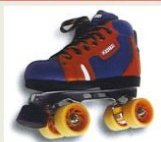
Reglamento Técnico

CAPÍTULO IV - EQUIPAMIENTO, PROTECCIONES E INSTRUMENTOS DE LOS JUGADORES

ARTÍCULO 16 - EQUIPAMIENTO BÁSICO DE LOS JUGADORES

1. En el juego de Hockey sobre Patines, cada jugador tiene que utilizar el siguiente equipamiento base:
 - 1.1 Camisa o camiseta, calzones y medias, respetando las normas definidas en el punto 4 de este Artículo.
 - 1.2 2 (dos) botas con patines, respetando las normas definidas en el punto 5 de este Artículo.
 - 1.3 Un "stick", respetando las normas definidas en el punto 6 de este Artículo.
2. En el caso particular de los porteros es además obligatoria la utilización de equipamiento específico de protección, de conformidad con lo que se encuentra establecido en el Artículo 18 de este reglamento.
3. Opcionalmente, los jugadores, porteros incluidos, pueden utilizar diversas protecciones, según lo establecido en el Artículo 19 de este reglamento.
4. Las camisetas, calzones y medias utilizadas por los jugadores de cada equipo tienen que ser confeccionados en los colores de la nación o del club a que representan, exceptuando el caso específico de los porteros, que tienen que usar una camiseta de color diferente y no pudiéndose confundir con el color del equipamiento utilizado por los jugadores (porteros incluidos) del equipo contrario.
 - 4.1 Todas las camisetas de los jugadores, incluyendo las de los porteros, tienen que estar identificadas por números distintos – del 1 (uno) al 99 (noventa y nueve), inclusive – sin la utilización del número cero.
 - 4.1.1 Los números son inscritos en la parte de la espalda de las camisetas, a una altura nunca inferior a 30 (treinta) centímetros, en un único color y haciendo buen contraste con el color de las camisetas.
 - 4.1.2 Opcionalmente y sin perjuicio de lo dispuesto en el número anterior, los números de los jugadores pueden ser también puestos en la parte delantera de las camisetas y de los calzones.
 - 4.2 Independientemente del número utilizado por cada portero, estos tienen que ser específicamente identificados como tal, en la inscripción que de ellos se haga en el Acta de Juego.
 - 4.3 Cuando los dos equipos – o, se fuese el caso, los porteros – se presenten en pista con colores iguales o que se presten a confusión, los árbitros deben seguir los siguientes procedimientos:
 - 4.3.1 Intentar obtener un acuerdo entre los equipos para solucionar el problema.
 - 4.3.2 No habiendo acuerdo entre los equipos, el equipo local – o como tal considerado en el calendario oficial – está obligado a proceder al cambio del color de su equipamiento, incluyendo, se es el caso, el cambio del color de la camiseta de sus porteros.
 - 4.4 El capitán de cada equipo tiene que usar una identificación en forma de brazalete, de color diferente de su camiseta o camisa.
 - 4.4.1 En el caso de que el capitán del equipo sea sustituido, no tendrá que pasar el brazalete a un colega, pero tendrá que indicar a los Árbitros quién va a ejercer tales funciones dentro de la pista.
 - 4.4.2 En el caso de que el capitán del equipo sea expulsado – o si tiene una lesión que le impide continuar en juego – el brazalete tendrá que ser pasado al sub capitán que esté inscrito en el Boletín de Juego.
5. Los jugadores calzarán botas con patines de 4 (cuatro) ruedas – que deben rodar libremente, puestas dos a dos, paralelamente, en dos ejes transversales – no está permitido, en ningún caso que se utilicen patines con las ruedas colocadas "en línea".
 - 5.1 Está prohibida la colocación de cualquier tipo de protección metálica sobre las botas, aunque tal protección esté cubierta por otro tipo de material.
 - 5.2 Las ruedas de los patines no pueden tener un diámetro inferior a 3 (tres) centímetros, no siendo permitido cualquier tipo de protección suplementar entre las ruedas delanteras y las ruedas traseras.
 - 5.3 Siempre que no representen peligro para los demás jugadores, está permitida la utilización de frenos colocados en la punta de los patines o de las botas, con un diámetro nunca superior a 5 (cinco) centímetros.

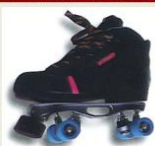
PATINES UTILIZADOS POR LOS JUGADORES DE PISTA



Reglamento Técnico

- 5.4 Los porteros pueden utilizar patines con ruedas de menor dimensión, favoreciendo así una mejor estabilidad de su posición en la defensa de la portería.

PATINES UTILIZADOS POR LOS PORTEROS



6. El "stick" utilizado por los jugadores de hockey sobre patines - *porteros, incluidos* - tiene que obedecer a las siguientes condiciones:

- 6.1 El "stick" debe ser de madera o plástico u otro material que sea previamente aprobado por **FIRS-RHTC**, no pudiendo ser confeccionado en metal o poseer cualquier refuerzo metálico, aunque está autorizada la colocación de fajas de paño o de ligaduras adhesivas.

- 6.2 La parte inferior del "stick" tiene que ser plana y su extensión, medida por el lado exterior de su curvatura tendrá que obedecer a los siguientes límites:

6.2.1 Extensión máxima del "stick" 115 (*ciento quince*) centímetros

6.2.2 Extensión mínima del "stick" 90 (*noventa*) centímetros

- 6.3 Todos los "stick" deben poder pasar por un anillo o aro de 5 (*cinco*) centímetros de diámetro y su peso no puede exceder los 500 (*quinientos*) gramos.

EL "STICK"



ARTÍCULO 17 - EQUIPAMIENTO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN DE LOS PORTEROS

1. En el caso particular de porteros - *y en adición a lo establecido en el Artículo anterior* - es obligatoria la utilización del siguiente equipamiento de protección:

- 1.1 Una máscara de protección integral de la cabeza o un casco y visera, respetando las normas definidas en el punto 2 de este Artículo.

- 1.2 Un peto, respetando las normas definidas en el punto 3 de este Artículo.

- 1.3 Dos guantes de porteros, respetando las normas definidas en el punto 4 de este Artículo.

- 1.4 Dos espinilleras de porteros, respetando las normas definidas en el punto 5 de este Artículo.

2. La **máscara de protección integral de la cabeza y el casco y visera**, utilizados por los Porteros son constituidos por una o dos piezas interconectadas, fijadas por correas envolventes, fabricadas en plástico rígido u otros materiales, los que, si tienen piezas fabricadas en metal, son debidamente revestidas (*en plástico, cuero o goma*), de modo que no ponga en peligro la integridad física de los restantes jugadores.

MÁSCARA DE PROTECCIÓN DE LOS PORTEROS



Reglamento Técnico

3. Para la protección de los porteros, es igualmente obligatoria la utilización de un **peto**, puesto por debajo de la camiseta de juego y que tiene que ser constituido por una única pieza – *incluyendo hombreras y protección para los brazos* – que se produce en material plastificado y suficientemente flexible, de forma que se amolde al cuerpo del usuario, debiendo la espesura de las piezas nunca ser superior a 1,5 (*uno coma cinco*) centímetros.



Opcionalmente se pueden utilizar las siguientes piezas de protección de los porteros:

- 3.1.1 Protección para el cuello** y esté a éste ajustado, con una altura máxima de 5 (*cinco*) centímetros y que tendrá que ser colocada por debajo del peto.

- 3.1.2 Protección elástica o semi-rígida para los muslos**, producida en material plastificado y en forma de manga, ajustada al muslo, no puede el espesor de la protección sobrepasar los 0,5 (*cero, coma, cinco*) centímetros.

- 3.2** No está permitido, en caso alguno, la colocación de cualquier otro material, que permitan al usuario aumentar las dimensiones naturales de las protecciones anteriormente mencionadas.

- 4. Los guantes de porteros** deben ser confeccionados en cuero, paño, lona, productos sintéticos o plásticos, siempre que los materiales utilizados sean maleables y flexibles, siendo prohibida la utilización - *en su exterior o en su interior* – de productos de metal o con revestimientos metalizados, así como cualquier producto que pueda dañar la integridad física de sus usuarios y/o de los otros jugadores. Ser hechas de cuero – *o de lona, de productos sintéticos o plásticos, desde que maleables y flexibles o cualquier otro material similar debidamente aprobado por FIRS-RHTC* – destinándose a la protección de las manos y de parte de los antebrazos, no siendo necesariamente uniformes en su configuración, confección y utilización.

- 4.1** Los guantes de porteros se destinan a la protección de las manos y de parte de los antebrazos, no siendo necesariamente uniformes en su configuración, confección y utilización, desde que se respeten las siguientes dimensiones:

- | | |
|---|--|
| 4.1.1 Altura máxima del guante | 40 (<i>cuarenta</i>) centímetros |
| 4.1.2 Anchura máxima del guante con pulgar abierto | 25 (<i>veinte cinco</i>) centímetros |
| 4.1.3 Anchura máxima del guante con los 4 dedos abiertos | 20 (<i>veinte</i>) centímetros |
| 4.1.4 Espesor máximo del guante | 5 (<i>cinco</i>) centímetros |

- 4.2.** Uno de los guantes tiene que ser flexible y articulado, para permitir al portero agarrar y manipular su "stick".



Reglamento Técnico

- 4.3 El otro guante se puede confeccionar de forma menos flexible, pero permitiendo que, en su interior, la mano pueda quedar abierta y con los dedos separados.

GUANTE "SEMIRRÍGIDO" DE PORTEROS



Foto 12: Guantes de Portero

5. Las espinilleras de porteros deben ser de cuero - u otro material similar debidamente aprobado por el **FIRS-RHTC** - y son constituidas por una o dos piezas interconectadas, fijadas por correas envolventes alrededor de las piernas, de forma que garanticen la protección parcial de las piernas y pies de los usuarios.

- 5.1 Las espinilleras de los porteros tienen las siguientes medidas máximas:

- 5.1.1 Anchura de la parte superior 30 (treinta) centímetros
- 5.1.2 Anchura de la parte central 27,5 (veintisiete, coma cinco) centímetros
- 5.1.3 Anchura de la parte inferior 25 (veinticinco) centímetros
- 5.1.4 Altura total 65 (sesenta y cinco) centímetros
- 5.1.5 Espesor máximo en toda su altura 5 (cinco) centímetros

ESPINILLERAS DE LOS PORTEROS



- 5.2 La protección para los pies puede ser, o no, una pieza individual y separada de la espinillera, pero tendrá siempre que respetar la medida máxima de altura de 65 (sesenta y cinco) centímetros, no pudiendo, en su conjunto, aumentar, de extremo a extremo, la dimensión referida.

- 5.2.1 Esta protección tendrá una anchura máxima de 25 (veinticinco) centímetros, ajustada a la parte inferior de la espinillera, con un refuerzo lateral con la medida máxima de 11 (once) centímetros en su altura y 20 (veinte) centímetros entre los extremos y en el sentido de la largura del calzado.
- 5.2.2 El espesor máximo permitida para estas piezas es de 5 (cinco) centímetros.
- 5.2.3 La fijación a los respectivos miembros - *pierna y pie* - de cada elemento de protección deberá ser efectuada de forma independiente y envolvente, a través de 2 (dos) o 3 (tres) correas, que pueden ser fijadas cruzando las partes frontales de cada una de las piezas o a partir de los extremos laterales de las mismas, pero en el sentido envolvente de las piernas del utilizador



Reglamento Técnico

- 5.3** Los materiales a utilizar en la confección de las espinilleras de los porteros pueden ser el paño, lona, productos sintéticos o plásticos, siempre que sean maleables y flexibles, pero nunca pueden presentar - *sea en el exterior o en el interior* - productos de metal (o con revestimientos metalizados) o cualquier producto que pueda dañar la integridad física de sus usuarios y/o de los otros jugadores.
- 6.** La equipación de protección de los porteros debe de ser certificada por la entidad que es responsable de la organización de las competiciones, tanto a nivel internacional – *sea FIRS-RHTC sea la Confederación continental* – como a nivel nacional por parte de las respectivas Federaciones.

ARTÍCULO 18 - EQUIPAMIENTO OPCIONAL DE PROTECCIÓN DE LOS JUGADORES

- 1.** Todos los jugadores, incluyendo los porteros, pueden usar equipamientos de protección no metálicos, colocados directamente sobre el cuerpo y totalmente ajustado a este, exclusivamente para preservar su integridad física y siempre que su utilización no conlleve cualquier tipo de ventaja a sus usuarios.
- 2.** Queda expresamente autorizada la utilización del siguiente equipamiento de protección física de los jugadores:
- 2.1** Guantes acolchados, con un espesor máximo de 2,5 (*dos, coma, cinco*) centímetros, con dedos totalmente separados y cuya largura no ultrapase los 10 (*diez*) centímetros, de la línea de la muñeca al antebrazo.

GUANTES DE LOS JUGADORES DE PISTA



- 2.2** Rodilleras acolchadas, con un espesor máximo de 2,5 (*dos, coma, cinco*) centímetros, para protección exclusiva de las rodillas

RODILLERAS DE LOS JUGADORES



- 2.3** Espinilleras de protección, con un espesor máximo de 5 (*cinco*) centímetros, y que tienen que ser colocadas debajo de las medias, ajustadas alrededor de las piernas.

ESPINILLERAS DE PROTECCIÓN DE LOS JUGADORES





UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

**DISSENY I IMPLEMENTACIÓ D'UN SISTEMA DE MESURA PER
L'ESTUDI D'ACCELERACIONS EN HOQUEI**



Volum II

Plànols

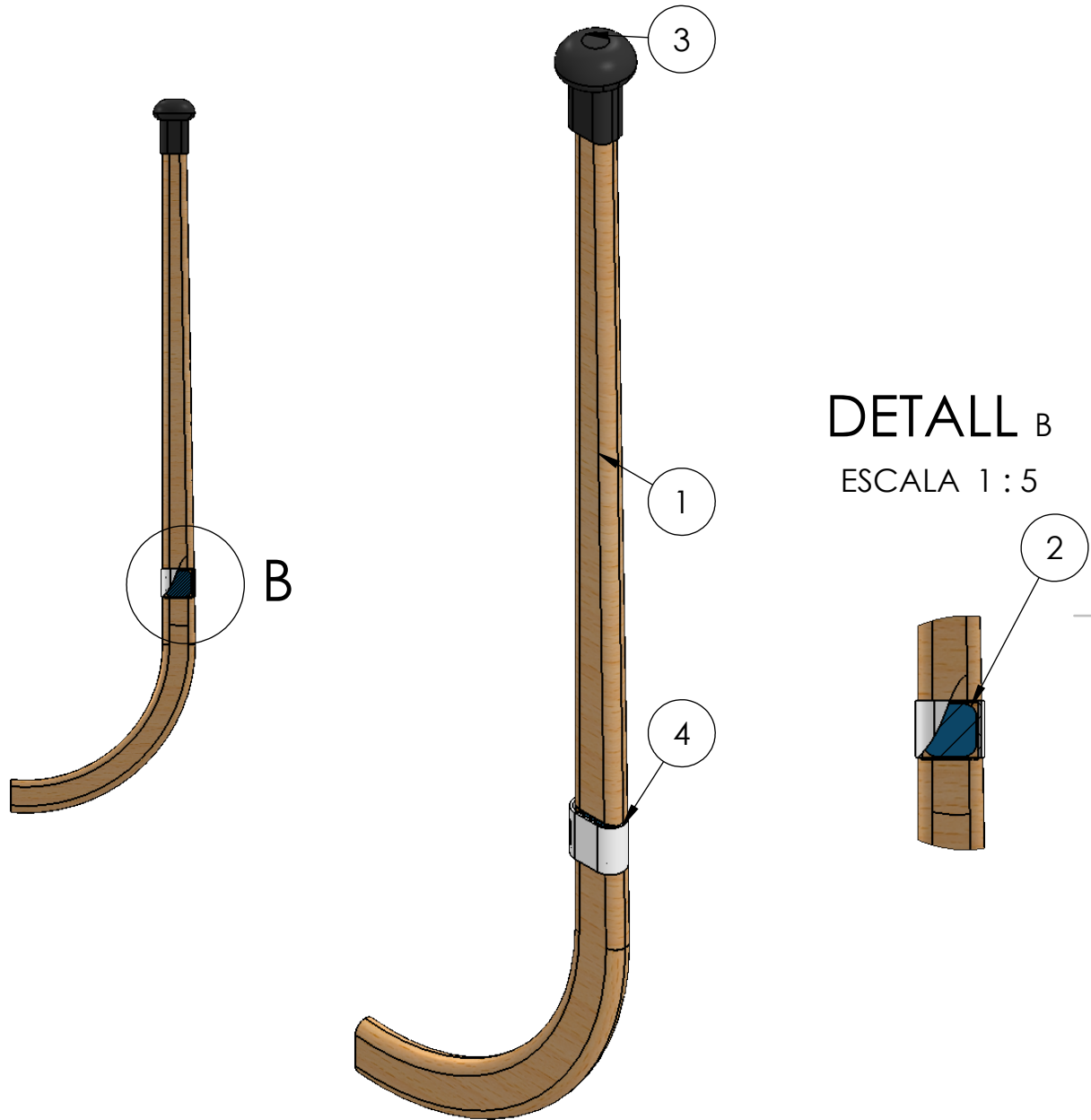
Autor:	Nil Font Viñas
Director:	Raul Benitez Iglesias
Convocatòria:	Juny 2018

En aquest present volum hi consta'n tots els plànols de les peces que componen l'assemblatge. Els plànols de l'assemblatge també i consta'n.

L'ordre dels plànols és el següent.

Nom de la peça / assemblatge	Descripció	Pàgina
ESTIC COMPLET	ESTIC AMB TOTS ELS COMPONENTS	1
ESTIC	ESTIC DE FUSA DE FAIG	2
ACCELERÒMETRE	ACCELERÒMETRE LPMS	3
EMPUNYADURA	PEÇA PER SUBJECTAR L'ESTIC	4
LICRA ELÀSTICA	COMPONENT TÈXTIL PER SUBJECTAR L'ACCELERÒMETRE	5

N.º DE ELEMENT	N.º DE PEÇA	DESCRIPCIÓ	QUANTITAT
1	ESTIC	ESTIC DE FUSTA DE FAIG	1
2	ACCELERÒMETRE	ACCELERÒMETRE LPMS	1
3	EMPUNYADURA	PEÇA PER SUBJECTAR L'ESTIC	1
4	LICRA ELÀSTICA	COMPONENT TÈXTEL PER SUBJECTAR L'ACCELERÒMETRE	1



Totes les cotes són expressades amb mm

Universitat Politècnica de Catalunya

Juny del 2018

Disseny i implementació d'un sistema de mesura per l'estudi d'acceleracions en hoquei

NOM

DATA

PES: 477,76 gr.

DIBUIXANT:

NIL FONT

15-05-2018

ESCALA:1:10

TUTOR :

RAUL BENITEZ

27-05-2018

OBSERVACIONS:

FULL 1 DE 5

MATERIAL:

VÀRIS

UPC

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

BARCELONATECH

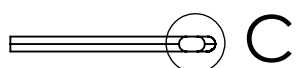
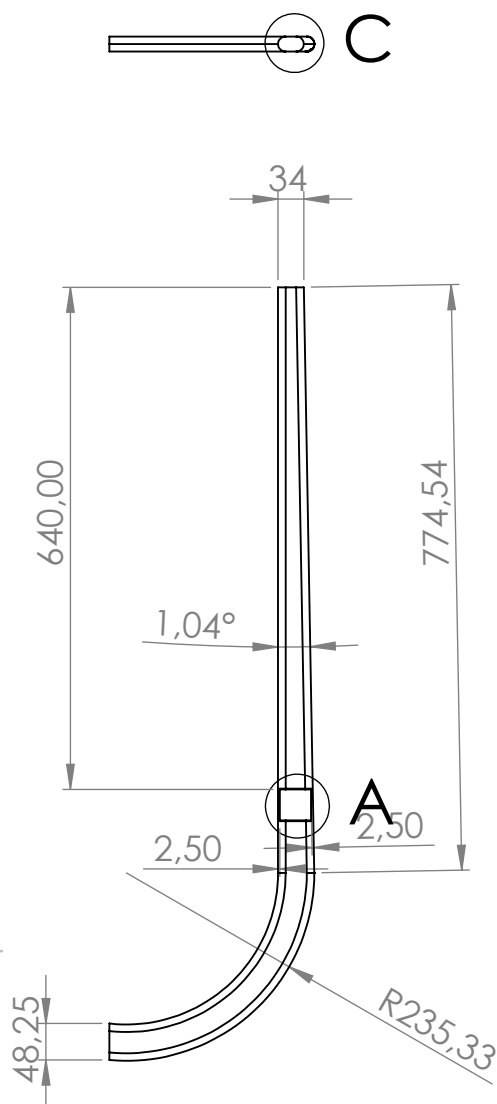
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Nom del dibuix:

ESTIC COMPLET

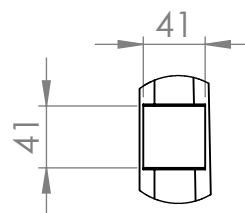
A4

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



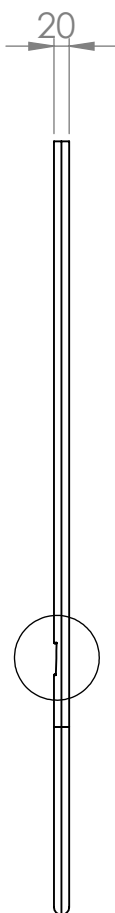
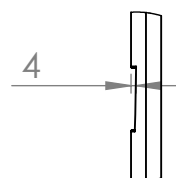
DETALL A

ESCALA 1 : 5



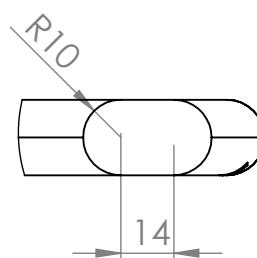
DETALL B

ESCALA 1 : 5



DETALL C

ESCALA 1 : 2



Totes les cotes són expressades amb mm

Universitat Politècnica de Catalunya

Juny del 2018

Disseny i implementació d'un sistema de mesura per l'estudi d'acceleracions en hoquei

	NOM	DATA	PES: 437,82 gr.
DIBUIXANT:	NIL FONT	15-05-2018	ESCALA: 1:10
TUTOR :	RAUL BENITEZ	27-05-2018	OBSERVACIONS:

FULL 2 DE 5

MATERIAL:

Fusta de Faig



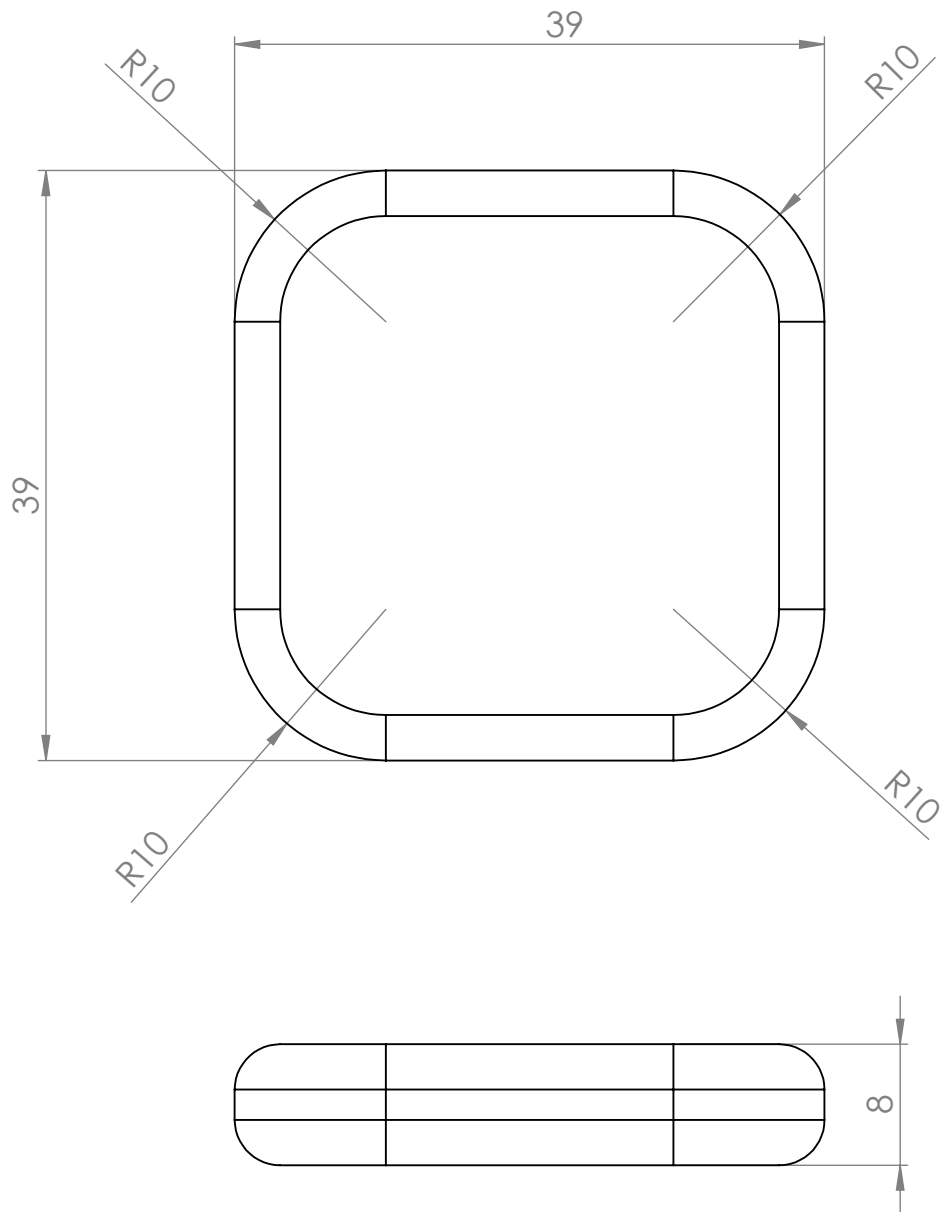
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Nom del dibuix:

ESTIC

A4



Totes les cotes són expressades amb mm

Universitat Politècnica de Catalunya

Juny del 2018

Disseny i implementació d'un sistema de mesura per l'estudi d'acceleracions en hoquei

	NOM	DATA	PES: 12 gr.
DIBUIXANT:	NIL FONT	15-05-2018	ESCALA: 2:1
TUTOR :	RAUL BENITEZ	27-05-2018	OBSERVACIONS:

FULL 3 DE 5

MATERIAL:

Components electrònics

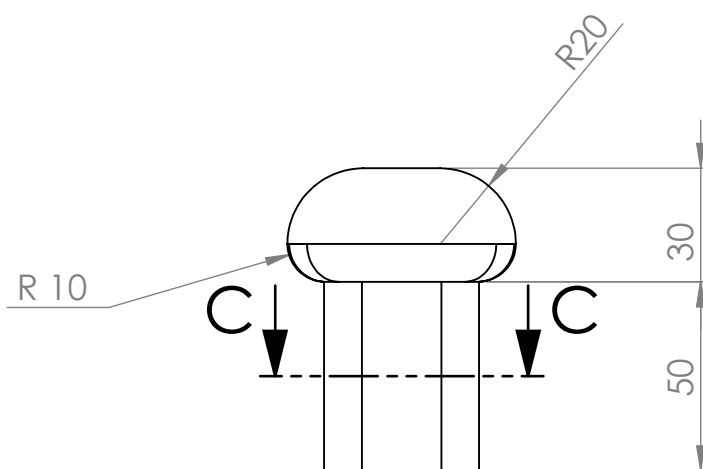
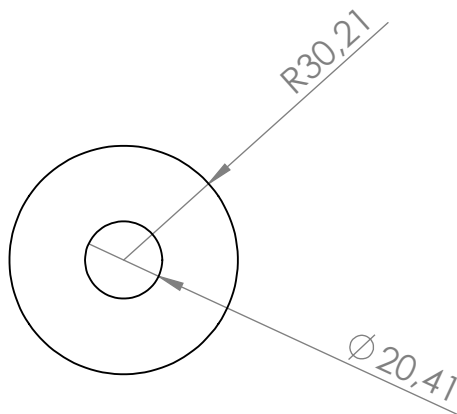


UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

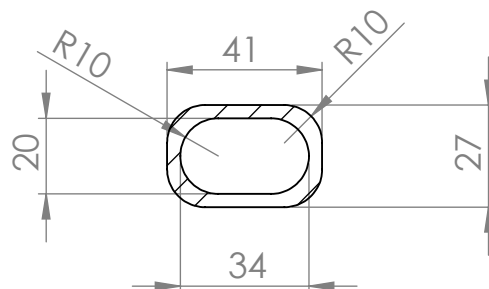
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Nom del dibuix:

ACCELERÒMETRE A4



SECCIÓ C C-C



Totes les cotes són expressades amb mm

Universitat Politècnica de Catalunya

Juny del 2018

Disseny i implementació d'un sistema de mesura per l'estudi d'acceleracions en hoquei

	NOM	DATA	PES: 23,82 gr.
DIBUIXANT:	NIL FONT	15-05-2018	ESCALA: 1:2
TUTOR :	RAUL BENITEZ	27-05-2018	OBSERVACIONS:
FULL 4 DE 5			

MATERIAL:

CAUTXU VITON



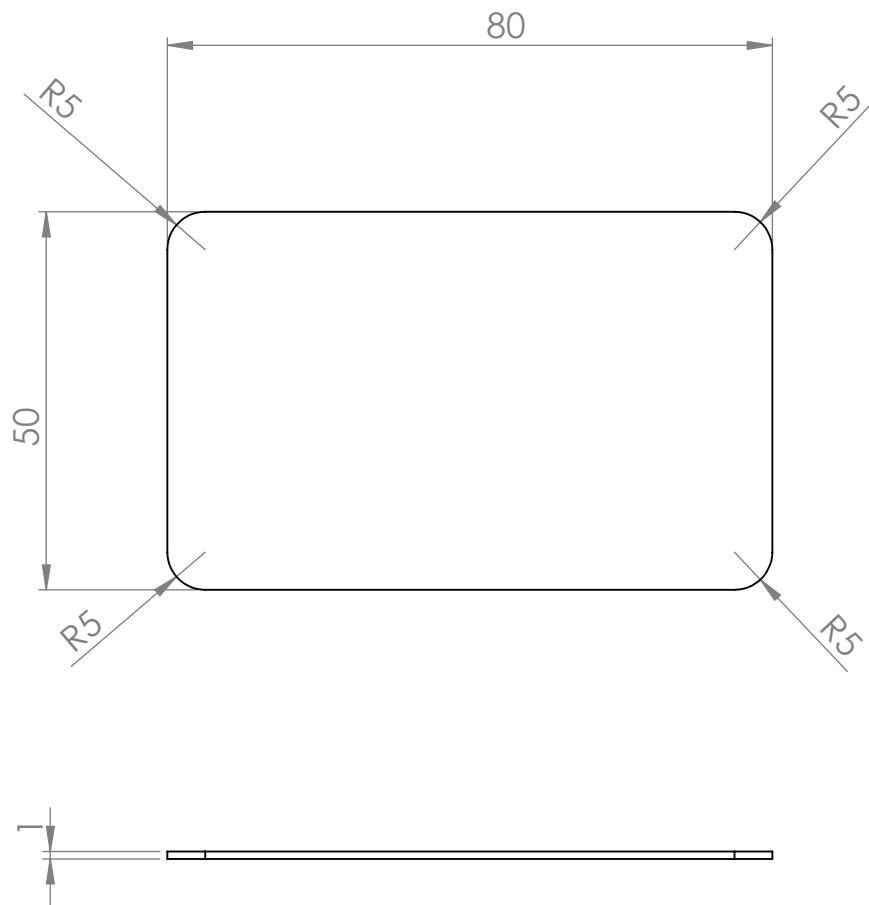
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Nom del dibuix:

EMPUNYADURA

A4



Totes les cotes són expressades amb mm

Universitat Politècnica de Catalunya

Juny del 2018

Disseny i implementació d'un sistema de mesura per l'estudi d'acceleracions en hoquei

	NOM	DATA	PES: 4,12 gr.
DIBUIXANT:	NIL FONT	15-05-2018	ESCALA:1:1
TUTOR :	RAUL BENITEZ	27-05-2018	OBSERVACIONS:

FULL 5 DE 5

MATERIAL:

Licra tèxtil



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Nom del dibuix:

LICRA ELÀSTICA

A4